

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO – GEOLOGICKÁ FAKULTA
Institut geologického inženýrství

Eutrofizace koupacích vod

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:

Veronika Lorencová

Vedoucí bakalářské práce:

RNDr. Jana Nováková, Ph.D.

Ostrava 2018

VSB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

FACULTY OF MINING AND GEOLOGY
Institute of Geological Engineering

Eutrophication of bathing water

BACHELOR THESIS

Author:

Veronika Lorencová

Supervisor:

RNDr. Jana Nováková, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut geologického inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Veronika Lorencová**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3914R024 Krajinné vodní hospodářství
Téma: **Eutrofizace koupacích vod**
Eutrophication of Bathing Water
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Problematika eutrofizace povrchových stojatých vod
3. Nevodárenské nádrže – definice, legislativa. Současný stav
4. Monitoring eutrofizace u koupacích vod v zahraničí a v České republice
5. Závěr

Rozsah závěrečné práce 35 - 50 normostran.

Seznam doporučené odborné literatury:

KRÁSA et al. Hodocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy. Certifikovaná metodika pro praxi. Praha: ČVUT, Praha. Fakulta stavební. 2013. 55 s. ISBN: 978-80-01-05428-4.
HORÁKOVÁ, M. et al. Analytika vody. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, Praha. 2007.
SCHINDLER, D. W. et al. Reducing Phosphorus to Curb Lake Eutrophication is a Success. Environmental Science 2016, 50(17), 8923-8926 DOI: 10.1021/acs.est.6b02204. ISSN 0013936X.
SELBACH, Ch., M. SOLDÁNOVÁ a B. SURES. Estimating the risk of swimmer's itch in surface waters – A case study from Lake Baldeney, River Ruhr. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2016, 219(7), 693-699. DOI: 10.1016/j.ijheh.2015.03.012. ISSN 14384639.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Jana Nováková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018



doc. Ing. Jakub Jirásek, Ph.D.
vedoucí institutu

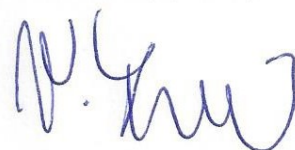
doc. Ing. Jan Valíček, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení autora bakalářské práce

- Celou bakalářskou práci včetně příloh jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákona č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možné navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona. - Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 29. dubna 2018

Veronika Lorencová



Poděkování

Ráda bych moc poděkovala vedoucí bakalářské práce RNDr. Janě Novákové, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení, skvělou spolupráci, ochotu při zajišťování potřebných materiálů a v neposlední řadě za trpělivost, cenné připomínky a její čas v průběhu zpracování této bakalářské práce. Dále děkuji Povodí Odry za data použitá v této práci i mé rodině a blízkým za trpělivost.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá rešerší eutrofizace povrchových koupacích vod v České Republice. Práce se zaměřuje zejména na definice pojmů jako jsou eutrofizace a koupací vody, dále se zaměřuje na příčiny a následky eutrofizace, jako je vodní květ nebo ohrožení zdraví lidí i živočichů ve vodě. V konečné části rozebírá monitoring eutrofizace vod v zahraničí a České Republice a jako příklad uvádí stav nevodárenské nádrže Těrlicko v roce 2016. V závěru jsou uvedeny možné řešení tohoto rozsáhlého problému.

Klíčová slova

Eutrofizace, trofie, koupací vody, vodní nádrž Těrlicko, hodnocení vody, fosfor

Abstract

This bachelor thesis deals with the research of eutrophication of surface bathing water in the Czech Republic. The work focuses mainly on the definitions of concepts such as eutrophication and bathing water, and also focuses on the causes and consequences of eutrophication, such as a water flower or the threat to human and animal health in water. The final section analyzes the monitoring of water eutrophication in the Czech Republic and abroad, as an example, mentions the condition of the non-water reservoir Těrlicko in 2016. In the end, the possible solution to this large problem is presented.

Keywords

Eutrophication, trophy, bathing water, water reservoir Těrlicko, water assessment, phosphorus

Seznam zkratk:

BPEJ – Bonitovaná půdně ekologická jednotka

ČR – Česká Republika

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (= Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj)

RVS – Rámcová vodní směrnice

VN – Vodní nádrž

Obsah

1	Úvod	1
2	Problematika eutrofizace povrchových stojatých vod.....	2
2.1	Definice pojmu.....	2
2.2	Jaké látky způsobují eutrofizaci?	4
2.3	Příčiny eutrofizace	7
2.4	Dopady eutrofizace	8
2.5	Hodnocení míry eutrofizace.....	12
2.5.1	Trofie vody	14
2.6	Povrchové stojaté vody	16
3	Nevodárenské nádrže – definice, legislativa. Současný stav	21
3.1	Definice	21
3.2	Legislativa	21
4	Monitoring eutrofizace u koupacích vod v zahraničí a v ČR.....	31
4.1	Monitoring eutrofizace vod v zahraničí	31
4.1.1	Eutrofizace vod v zahraničí	35
4.2	Monitoring eutrofizace v ČR, Vodní nádrž Těrlicko	36
4.2.1	Nevodárenská nádrž Těrlicko.....	38
4.2.2	Vyhodnocení eutrofizace VN Těrlicko za rok 2016	42
5	Závěr.....	44
5.1	Případné možnosti řešení problému eutrofizace	44
	Použitá literatura	1
	Seznam obrázků	4
	Seznam tabulek	5

1 ÚVOD

Voda je základním rysem Země, pokrývá její povrch ze 71 % s průměrnou hloubkou 3 800 m. I když 99 % z tohoto množství obsahují oceány, tak i zdánlivě malé množství vody vyskytující se ve sladkých vodách (rybnících, řekách, potocích, jezerech), má základní funkci pro život na Zemi.

V přírodě se voda pohybuje v přirozeném koloběhu, jehož součástí je pitná, povrchová a odpadní voda. Voda je pro nás nepostradatelnou potravinou, ale má i další funkce jako je ekologická, estetická, energetickou a ovlivňuje nás všeobecně.

Tato bakalářská práce se zabývá eutrofizací vody, což je aktuální velmi rozšířený problém znehodnocování vody biogenními sloučeninami, především dusíkem a fosforem. Z obecného hlediska jde celkově o kvality vody, ve vodním biotopu se vyskytují sinice, řasy, živočichové a bakterie, u nichž dochází k přemnožování a následnému hromadění jedovatých plynů, změnám v koncentraci kyslíku, a nakonec dochází k zákalu a neprůhlednosti vody. Hlavně v letních měsících má rozmnožování sinic a řas ve vodách vliv na celý ekosystém, kde narůstá eutrofizace vod a následnému uvolňování různých toxinů do vody, z nichž některé jsou velmi nebezpečné a ovlivňují celé životní prostředí.

Předložená bakalářská práce zpracovává řešerši této problematiky. V práci je objasněn pojem eutrofizace, její příčiny a následky, jak vzniká, a to vše je obecně shrnuto v rámci koupacích vod. Součástí této práce je i přehled naší legislativy, která se na řešení této problematiky podílí. V dalších částech je řešena eutrofizace a monitoring vod v zahraničí a v České Republice s příkladem zprávy z povodí Odry, a to z nevodárenské nádrže Těrlicko za rok 2016. V závěru je přiblíženo i možné řešení problému eutrofizace.

2 PROBLEMATIKA EUTROFIZACE POVRCHOVÝCH STOJATÝCH VOD

Problém eutrofizace je v posledních letech čím dále častěji probírán. Proces eutrofizace probíhá přirozeným způsobem, ale působením lidské činnosti se toto obohacování vod o živiny velmi zintenzivnilo a přesahuje únosnou mez. V posledních desetiletích způsobuje antropogenní eutrofizace řadu negativních dopadů na vodní prostředí a jejich náprava je velmi komplikovaná. Je to tedy proces zvyšování obsahu minerálních živin ve vodách, způsobený zejména sloučeninami dusíku a fosforu, následně pak biomasy (sinic, řas a vyšších rostlin). [4,7]



Obrázek 1: Hladina Hracholuské přehrady, autor: www.geocaching.com

2.1 Definice pojmu

Eutrofizace je souhrn přírodních a uměle vyvolaných procesů, které vedou ke zvyšování obsahu anorganických živin tekoucích i stojatých vod a tato zvýšená koncentrace živin vede k nadměrnému biologickému růstu. Je to přírodní děj, jenž v důsledku lidské činnosti přesáhl přirozené akceptovatelné meze. Přírodní eutrofizace je způsobována uvolňováním dusíku a fosforu, případně i silikátů, z půdy, sedimentů a

odumřelých organismů ve vodě. Antropogenní eutrofizaci způsobuje intenzivní zemědělská výroba, některé druhy průmyslových odpadních vod, používání polyfosforečnanů v pracích a čistících prostředcích a zvýšená produkce komunálních odpadních vod a odpadů fekálního charakteru. [26,28]

Eutrofizace, vědecký termín, který popisuje rozvíjející se květy řas ve vodě a související problémy, které jsou způsobeny reakcí přírodních vod na nadměrné přísuny živin (nutrientů), je jedním z největších environmentálních problémů, kterým čelí lidstvo. Vyšší teploty vody jako následek globálního oteplování zapříčiňují vyšší obsah živin ve vodě, což do budoucna vykresluje tento problém, který je již akutní, velmi negativně. Termín *eutrofie*, odvozený z řeckého významu bohatý na živiny, byl prvně používán u jezer s květy řas *Einaem Naumannem* v raných letech 20. století a byl vytvořen tak, aby popisoval proces, kterým jsou jezera obohacena o živiny. Do poloviny 20. století bylo jasné, že lidská činnost urychluje proces eutrofizace. [27]

Od samého počátku byl problém vytvořit přesný a jednoznačný termín pro znečišťování vod živinami, takový, aby byl jednotně přijat všemi státy i jejich vědeckými komunitami. Eutrofizace je spojována s pojmem trofie (úživnost vody), což je používáno v limologii od první poloviny 20. století. Pojmem eutrofizace myslíme proces obohacování vod o živiny, zatím co trofie už vyjadřuje výsledný stav úživnosti vody. K přesnému pojmenování stupně obohacování živinami, se ve světové odborné terminologii používá název trofie + předložka stupně (např. eu, hyper, oligo). Aby mohla pojem eutrofizace lépe pochopit i neodborná veřejnost, zavedl se pojem „nutrient pollution“ = znečištění živinami. [29]

Eutrofizace se dělí na:

- a) **přírozenou**, která nelze ovlivnit a je způsobena přítomností sloučenin dusíku a fosforu ze sedimentů dna, sloučenin dusíku a fosforu z půdy či rozkladem odumřelých těl živočichů ve vodě.
- b) **antropogenní** (indukovanou), která je výsledkem činnosti člověka a je způsobena především používáním průmyslových hnojiv (fosforečných a dusíkatých), detergentů s polyfosfáty, pracích prostředků a vypouštěním odpadních vod s vysokým obsahem sloučenin fosforu a dusíku z fekálií. V důsledku zvýšené koncentrace těchto živin dochází k masovému nárůstu fotosyntetizujících organismů, zejména sinic a řas. Množství biomasy

vytvořené těmito zmíněnými producenty má za následek vyšší koncentraci organických látek a rozrušení orthográdního kyslíkového režimu v nádrži. [2,3, 4]

2.2 Jaké látky způsobují eutrofizaci?

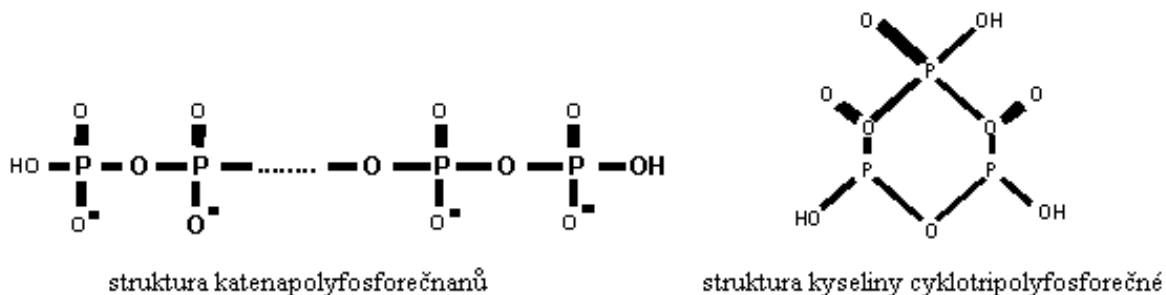
Ve vodním ekosystému se dusík a fosfor nacházejí jak v částicové, tak v rozpuštěné fázi a v různých chemických formách [28]:

- Organické částicové živiny zahrnují živé i mrtvé organické látky, jako jsou bakteriální, rostlinné a zvířecí tkáně,
- Anorganické částicové živiny zahrnují minerály a živiny adsorbované k suspendovaným částicím anorganických sedimentů.
- Organické rozpuštěné živiny zahrnují četné typy biologických molekul, jako jsou proteiny obsahující dusík a fosfor.
- Mezi rozpustné anorganické formy fosforu patří ortofosfát, PO_4^{-3} . Rozpuštěný anorganický dusík je přítomen hlavně jako dusičnan, NO_3^- , a amonný ion, NH_4^+ , ale také jako rozpuštěný plynný dusík, N_2 ; dusitan, NO_2^- ; oxid dusný, N_2O ; a amoniaku, NH_3 .

1. Fosfor

Fosfor je biogenní prvek, který zásadně ovlivňuje produkci zelených rostlin a vedle dusíku je základní pro výživu řas a sinic. Poměr dusíku a fosforu potřebný pro optimální růst organismů je asi 100:1 (kde větší podíl má dusík). Z toho vyplývá, že fosfor hraje klíčovou roli v nárůstu řasové biomasy, tedy čím více je fosforu v povrchových vodách, tím větší je produkce řas a sinic. [23,33]

Společně s kyslíkem tvoří fosforečnany, které jsou přítomné v atmosféře, biosféře, hydrosféře či litosféře. Ve vodách se může vyskytovat rozpuštěný anorganický fosfor ve formě jednoduchých nebo komplexních orthofosforečnanů či polyfosforečnanů v iontové nebo neiontové formě. Polyfosforečnany ve vodách mohou mít strukturu řetězovou (katenapolyfosforečnany) nebo cyklickou (cyklopolyfosforečnany) viz *Obrázek 2*. [23,33, 34]



Obrázek 2: Formy fosforu: Struktura řetězová (katenapolyfosforečnaný) nebo cyklická (kyselina cyklotripolyfosforečná. [34]

Orthofosforečnany jako nejčastější forma výskytu fosforu (jsou to například: PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4), ovlivňují pH vody. Zdrojem polyfosforečnanů jsou především výrobky jako prací prášky apod. Produktem biologických procesů (živočišné odpady, rozklad fauny a flóry apod.) je organicky vázaný fosfor. Tyto nejčastější formy fosforu můžeme najít v městských splaškových vodách, odpadních vodách z potravinářského průmyslu apod. Mezi ně řadíme především fosfolipidy (cholin, lecitin), fosfoproteiny aj. Organofosátové sloučeniny fosforu se vyskytují zejména v přípravcích využívaných v zemědělství a domácnostech (herbicidy, insekticidy, pesticidy atd.). [22]

Fosfor ve vodách dělíme na **rozpuštěný**, **nerozpuštěný** a na **anorganický** a **organický**. Organicky vázaný rozpuštěný fosfor zastupuje např. fosfolipidy, fosfáty hexos, fosfoproteiny, nukleové kyseliny, koenzymy ATP a ADP, aj. Z hlediska biologického je významná ta část rozpuštěného fosforu, kterou mohou využít řasy. Jde o biologicky využitelný, dostupný fosfor. [24,34]

Přírodním zdrojem sloučenin fosforu ve vodě je především rozpuštění některých minerálů a zvětralých hornin (např.: apatit – $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, fosforit – $\text{Ca}(\text{F},\text{Cl})_2$, aj.), do vody se dostává z biologické hmoty. Zdrojem anorganického fosforu z lidské činnosti je především v zemědělství použití fosforečných hnojiv, které se do vody dostávají erozními splachy z polí, dále odpadní vody z prádel a textilního průmyslu. Druhý zmíněný zdroj anorganického fosforu, tedy odpadní vody, obsahují fosfor ve formě polyfosforečnanů, které se mění hydrolýzou na orthofosforečnany. Odhad množství vypuštěných polyfosforečnanů do našich povrchových vod se pohybuje od 10 000 t do 20 000 t ročně. [24,34]

Zdrojem organického fosforu jsou živočišné odpady. Produkce fosforu se pohybuje kole 2 – 3 g na obyvatele za den. Organický fosfor je produktem biologických procesů jako je rozklad vodní flóry, procesy biologického čištění odpadních vod, živočišné odpady, apod. Tyto typy sloučenin se vyskytují v městských splaškových vodách nebo odpadních vodách z potravinářského průmyslu apod. [23]

Bodové zdroje (citlivé oblasti) [23]

- Vtok odpadní vody komunální nebo průmyslové
- Odtok a prosakování z velkochovů zvířat
- Odtok a vyluhování ze skládek odpadů
- Odtok ze staveníšť o velikosti pod 20.000 m²
- Odtok z dolů, ropných nalezišť a průmyslových zón bez kanalizace
- Přetečení kombinovaných čističek odpadní a dešťové vody

Plošné zdroje (zranitelné oblasti) [23]

- Odtok ze zemědělství nebo zavlažování
- Odtok z městských oblastí bez kanalizace
- Odtok z pastvin
- Odtok ze staveníšť o velikosti nad 20.000 m²
- Odtok z opuštěných zdrojů
- Atmosférické depozice
- Únik ze septiku

1. Dusík

Dusík také s fosforem patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky. Ve vodě najdeme dusík v různých oxidačních stupních (-III, -I, 0, +III, +V), v iontové i neiontové formě. Hlavními formami pro nás jsou: elementární dusík, anorganický vázaný (NH₃, respektive NH₄⁺, oxid dusný, dusičnanový, dusitanový dusík, kyanidy, kyanatany, thiokyanatany, hydroxylamin,), organicky vázaný dusík. Sloučeniny dusíku vznikají

rozkladem organických dusíkatých látek živočišného i rostlinného původu. Zdrojem anorganického dusíku jsou především dusíkatá hnojiva [23].

Formy dusíku podléhají biochemickým přeměnám. Nejdůležitější z těchto přeměn je nitrifikace a denitrifikace. Nitrifikace je tedy biologická oxidace amoniakálního dusíku na dusitany až dusičnany, a naopak denitrifikace je biologická redukce dusitanů či dusičnanů na základní dusík nebo oxid dusný či oxid dusnatý. [23]

2.3 Příčiny eutrofizace

Nadměrná eutrofizace povrchových vod má začátek zhruba v padesátých letech 20. století, kdy se začalo s intenzivním a velkoplošným hnojením zemědělských ploch, což bylo následkem vzrůstajících nároků lidské populace. V současnosti se problém eutrofizace netýká jen sladkovodních stojatých a tekoucích vod, ale rovněž moří a oceánů. I přes to, že došlo v posledních desetiletích ke snížení přísunu živin díky výstavbě nových čistíren, modernizaci už stávajících čistíren a také zrušením některých průmyslových provozů, je koncentrace fosforu a dusíku v povrchových vodách stále vysoká. Jelikož běžné čistírny odpadních vod fosfor nezadržují a speciálními technologiemi pro tzv. dočišťování je vybaveno jen málo čistírenských zařízení, stoupá zatížení našich povrchových vod sloučeninami fosforu, zejména toho, který je v povodích velkých řek považován za hlavní příčinu antropogenní eutrofizace povrchových vod. [13]

Do povrchových vod se dostávají dávky dusíku a fosforu díky splachům, erozím a extrakcí živin z intenzivně hnojených zemědělských půd. Významnějším zdrojem jsou průmyslové a komunální odpadní vody, které obsahují další živiny pocházející z intenzivních kaprokačních chovů, z nichž jsou do vodního prostředí transportovány nespotřebované živiny například z dokrmování, rybích exkrementů nebo hnojení rybníků. Dusík se do vody může dostat i prostřednictvím atmosférické depozice zplodin z dopravy či masového chovu dobytka. [10]

Eutrofizace je závislá na teplotě, tedy na slunečním záření, dopadajícího na vodní hladinu. Voda je ohřívána a jak je známo teplejší voda má nižší hustotu než voda studená, proto se během teplých měsíců tvoří ve vodě různé vrstvy:

- EPILIMNIOM - horní teplejší vrstva vody u hladiny
- HYPOLIMNIUM - spodní chladnější vrstva vody

- TERMOKLINA - velmi úzká zóna uprostřed, mezi výše zmíněnými vrstvami

V zimě zaniká vrstva termoklina a dochází ke změně distribuce nutrientů z hypolimnia do epilimnia. Střídáním jarní a podzimní cirkulace a letní a zimní stagnace v nádržích, dochází k fyzikálně chemickým změnám ve vodě. [4]

2.4 Dopady eutrofizace

Následkem eutrofizace je zvýšený rozvoj řas, sinic a vyšších rostlin, dochází k vegetačnímu zabarvení vody do zelena až zelenomodra. Při hromadění sinic a řas v masách těsně u hladiny se tento stav označuje jako vodní květ. [4]



Obrázek 3: Vodní květ na jezeře v Bavorsku, autor: filmfoto

Masový rozvoj vegetačního zabarvení či vodního květu, tvořeného zelenými řasami, sinicemi, rozsivkami, případně některými druhy vyšších rostlin. To všechno jsou známé projevy eutrofizace, obvykle doprovázeny slunným teplým počasím, tedy typické v letních měsících. Nadměrný nárůst fytoplanktonu zapříčiňuje problémy vyšším rostlinám a jejich následný úbytek. Jedním z důsledků je i snížená samočistící schopnost jezer a řek,

neboť sinice a řasy, shromažďující se u hladiny, vytvářejí bariéru slunečním paprskům, které se nedostanou k organismům ve větší hloubce. [3,11]

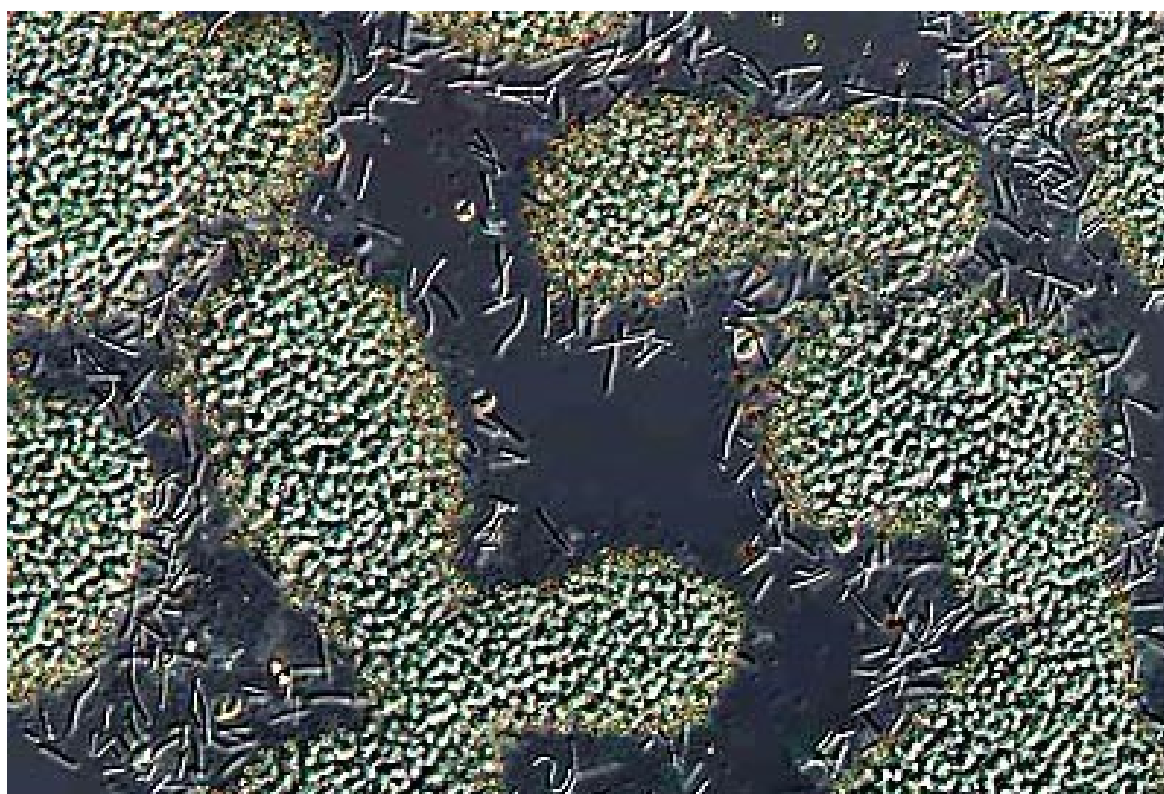


Obrázek 4: Otavské rameno nádrže Orlík, červen 2004, autor: www.stranypotapecske.cz

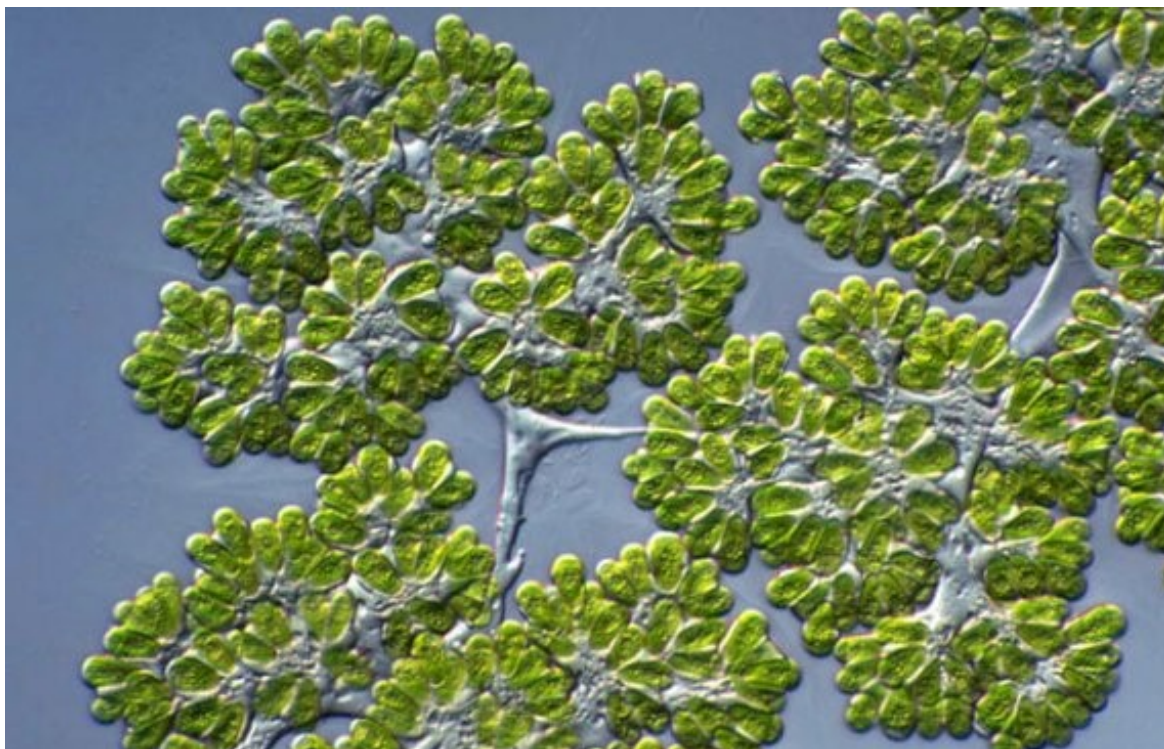
Jedna z forem znečištění vody může mít podobu přemnožení různých druhů vodních rostlin, k čemuž dochází ve vysoce eutrofních a hypertrofních vodách. Mohou mít podobu bohatě vyvinutých porostů vláknitých řas na dně a na předmětech pod vodou, hustých porostů vodních rostlin ve vodě nebo silného vegetačního zákalu vodního sloupce a vodního květu na ploše hladiny, tvořených nadměrným rozvojem mikroskopických řas a sinic. Nejčastější rody těchto sinic, tvořící krustu na hladině jsou *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Gleotricha*, *Gomphosphaeria*, *Microcystis*, které se na hladině vznášejí pomocí plyných vakuol, jejichž hlavní složkou je dusík. Vodní květ, tvořící řasy, zastupuje většinou druh *Botryococcus Braunii*, který produkuje ve svých buňkách olej, a to drží řasu u hladiny. U vegetačního zbarvení můžeme zapříčinění připisovat rodu *Chlorella* a *Ankistrodesmus* z řas a sinicový vegetační zákal tvoří v ČR nejčastěji druhy *Limnithrix redekei*, *Planktothrix agardii*, *Pseudanabaena limnetica*, aj. [3,11,12]



Obrázek 5: Koloniální vláknitá sinice *Anabaena lemmermannii*, Lipno, červenec 2004, autor: www.stranypotapecske.cz



Obrázek 6: Koloniální sinice *Microcystis aeruginosa* patří mezi nejrozšířenější a nejnebezpečnější sinice, Brněnská přehrada, červenec 2004, autor: www.stranypotapecske.cz



Obrázek 7: Řasa *Botryococcus braunii* tvořící vodní květ, autor: resource.wur.nl

Dalším negativním faktorem je narušení kyslíkového režimu. U hladiny se fotosyntetickou činností vytvářejí podmínky pro nadměrný obsah kyslíku a nárůstu pH. Autotrofní fytoplankton sice během dne kyslík produkuje, ale v noci, v důsledku jeho respirační aktivity, rozpuštěný kyslík ubývá. K dalšímu úbytku kyslíku dochází při mikrobiálním rozkladu odumřelých řas a sinic. Vlivem činnosti bakterií rozkládajících řasovou hmotu, která klesá ke dnu po úhynu řas a sinic, vznikají anoxické zóny, nepřátelské k výskytu některých bentických organismů. [3,11]

Negativní faktor je i zvýšený obsah fosforečnanů, který působí komplikace primárně vodárnám. Zhoršuje upravitelnost vody, což je závažný problém především v našich podmínkách, kdy je asi 60 % zdrojů pitné vody čerpáno z povrchových zdrojů. Fosforečnany se významně vstřebávají na dnových sedimentech, kde za určitých podmínek dochází k jejich uvolňování, což následně vede zase ke zvýšené koncentraci fosforečnanů ve vodách. Následkem je zvýšená koncentrace sinic a řas ve zdrojích pitné vody což způsobuje problémy vodárenským provozům. Dále dochází k ucpávání filtrů, zhoršení vlastností upravené vody (chuť, vůně, vzhled, teplota, ...), při rozkladu organismů v rozvodné síti vzniká sekundární mikrobiální znečištění či k uvolňování hygienicky nepříjemných látek do vody. [11]

Při krátkodobém kontaktu s člověkem mohou být sinice a řasy někdy problém, a to ve formě alergických reakcí. Pro koupajícího se člověka je riziko alergické reakce vyšší, mohou se vyskytnout vyrážky, zarudlé oči, rýma i jiné, v závislosti na tom, jak je člověk citlivý nebo jak dlouho ve vodě pobývá. Sinice produkující různé jedovaté toxiny, které dle množství a účinku, mají za následek různé projevy: od střevních a žaludečních potíží, což jsou následky lehké akutní otravy, přes bolesti hlavy, až po vážné jaterní problémy. Úmrtí u lidí, jako následek otravy sinicemi při vodní rekreaci, sice evidováno není, ale případy úhynu zvířat, která byla napájena vodou obsahující sinice, ano. Dokonce jsou známy případy úmrtí lidí po pravidelném pití vody, která byla vyrobena ze zdroje s masovým rozvojem sinic. Člověk také nechtěně dostává do svého těla sinice, tedy toxiny v nich obsažené, když při koupání nechtěně vypije trochu vody. Tady je vyšší riziko zejména u dětí, které při své nižší tělesné váze vypijí většinou více této vody. Koupání v takto znečištěných nádržích je tedy zpravidla nevhodné z hlediska hygienického. [6]

Život v bezprostředním okolí nádrže je znepříjemňován zápachem hnilobného sirovodíku a organické hmoty, eutrofizace někdy vede až k náhlému zhroucení ekosystému celé vodní nádrže a tento jev provádí znaky jako značný nedostatek kyslíku, úhyn ryb a zrychlení tvorby sedimentu či jiných vodních živočichů v důsledku toxického působení sirovodíku a nedostatku kyslíku. Problematická a nákladná je také úprava vody na pitnou. [6]

2.5 Hodnocení míry eutrofizace

Pro hodnocení míry eutrofizace jezer a vodních nádrží v ČR se nejčastěji používá princip závislosti na průměrné roční koncentraci fosforu, ten byl definován *Vollenweiderem* (1968) a *Dillonem s Riglerem* (1974) v 60. – 70. letech 20. století. Tento postup byl dále rozpracován a publikován v materiálu OECD (1982), který hodnotí míru eutrofizace na škále ultra-oligotrofní až hypertrofní a pro zatřídění zohledňuje vztah koncentrace celkového fosforu, průhlednost vody v nádrži a koncentraci chlorofilu-a. I když je tento princip všeobecně používán, přirozený stupeň trofie není jednoznačný, protože se zde nezohledňuje různorodost přírodních podmínek nad povodím, a tak nevíme, zdali je zkoumaná nádrž v přirozeném stavu nebo na ni působí antropogenní činnost. [1]

Tuto někdy chybnou klasifikaci přirozené míry trofie nádrží, nám pomáhá změnit Rámcová vodní směrnice (RVS, 2000), která zavádí typově specifické hodnocení vodních

útvary, hodnotí stav vody podle přirozených podmínek jednotlivých povodí a umožňuje relativizovat hodnocení míry eutrofizace. Při používání této směrnice se může stát, že v oblasti s obsahem fosforu přirozeně vyšším bude i eutrofní nádrž brána za neovlivněnou, a naopak mezotrofní nádrž bude považována za nadměru zatíženou v jiné oblasti. [1]

V České Republice nenajdeme, až na výjimky malých ledovcových jezer a některých dalších přirozených vodních ploch, nádrže přirozeného původu. Většina vodních nádrží vznikla přehrazením vodních toků, v důsledku těžby nerostů nebo přeměnou mokřadů, tedy uměle. Pro tyto vodní útvary v krajině předepisuje RVS dosažení dobrého **ekologického potenciálu**, což je termín vyjadřující ekologický stav útvarů povrchové vody, které byly antropologicky změněny natolik, že je již nemůžeme považovat za přirozené, a také zcela uměle vytvořených vodních útvarů. Při posuzování, zdali je určitá nádrž vystavena nadměrné zátěži lidskou činností a hrozí její eutrofizace, volíme jako první krok určení typově specifických koncentrací fosforu, které jsou odvozeny podle kategorie útvaru povrchové vody a posuzovaná nádrž se svým charakterem této kategorii nejvíce podobá. Jelikož většina vodních nádrží v České Republice vznikla vzdutím vodního toku, pak podle RVS musí mít stanoveny, jako útvar tekoucí vody, typově specifické referenční podmínky, které mimo jiné určují i cílové koncentrace fosforu, tedy koncentrace charakterizující hranice mezi dobrým a středním ekologickým stavem. Pokud tedy předpokládáme, že do nádrže vstupují koncentrace fosforu dobrého nebo středního ekologického stavu, můžeme výsledný stav trofie v této nádrži označit jako dobrý ekologický potenciál. [1]

Výše navržený přístup využívá známé závislosti mezi koncentracemi fosforu v přítoku do nádrže a charakteristikami nádrže, ovlivňující jeho retenci. Poprvé byla tato závislost popsána na začátku 70. let pro jezera (*Vollenweider; Larsen a Mercier, 1976*) a později c 80. letech zobecněna univerzálním modelem pro jezera i nádrže (OECD, 1982). V roce 2006 *Hejzlar* a kolektiv tento univerzální model dále optimalizovali s využitím rozsáhlé sady dat z nádrží a jezer. Na *Obrázku 8* je rovnice vyjadřující výsledné koncentrace celkového fosforu u hráze nádrže.

$$P = 1,43 \cdot \left(\frac{P_{IN}}{1 + \sqrt{T}} \right)^{0,88}$$

kde: P je průměrná roční koncentrace celkového fosforu v $\mu\text{g.l}^{-1}$ na odtoku z nádrže,
 P_{IN} je průměrná roční koncentrace celkového fosforu v $\mu\text{g.l}^{-1}$ v přítoku do nádrže,
 T je teoretická doba zdržení v letech v hodnoceném roce.

Obrázek 8: Rovnice koncentrace celkového fosforu u hráze nádrže, autor: [1]

V praxi to funguje tak, že nejvyšší přípustná koncentrace fosforu v přítoku do nádrže, tak aby bylo dosaženo dobrého ekologického potenciálu, je zároveň ta, která je hraniční mezi dobrým a středním stavem tekoucí vody. Podle celkového objemu a průměrného ročního průtoku, což značí charakter nádrže, se cílová míra trofie nastavuje v nádrži individuálně, nikoli typově specificky. U nádrží, které jsou označené tímto způsobem jako problematické, je dalším krokem hodnocení určit všechny antropogenní zdroje fosforu v povodí a určit jakou mírou se podílejí na zatížení konkrétní nádrže. [1]

Význam fosforu pro eutrofizaci povrchových vod

Eutrofizace vnitrozemských vod je téměř vždy spojena se zvyšováním koncentrací fosforu. Dvojnásob to platí pro eutrofizaci jezer a vodních nádrží. Důkazy o rozhodujícím významu fosforu jsou dobře dokumentovány pro eutrofizaci jezer např. v pracích *Schindlera* a dalších následovníků z oblasti kanadské *Experimental Lake Area* (*Schindler*, 1974, 1975; *Schindler* a kol., 2008). Role fosforu při eutrofizaci vnitrozemských vod je klíčová a dokumentuje skutečnou trofii vody. Fosfor proto používáme pro hodnocení eutrofizace nádrží jako primární indikátor, případně i další ukazatele, jako ty biologické, se používají doplňkově, např. ve vodách při vysoké variabilitě koncentrací fosforu.

2.5.1 Trofie vody

Trofie neboli také úživnost je schopnost vodního prostředí dodávat živiny organismům, tedy řasám, sinicím a vyšším rostlinám. Často se mluví o eutrofizaci, což je ale kategorie trofie. Eutrofizace je tedy v podstatě zvyšování trofie, ta bývá často chápána pouze ve smyslu primární biologické produktivity vodního prostředí. Pro hodnocení míry eutrofizace povrchových vod se vychází z koncentrací dusíku, fosforu a chlorofylu-a ve vodě. Koncentrace chlorofylu-a je používána jako měřítko biomasy fytoplanktonu. Pro EU byl zpracován návrh limitních koncentrací pro přesnější hodnocení parametrů eutrofizace a rozdělení do 5 tříd klasifikační stupnice. [13,31]

Kategorie jednotky	$P_{\text{celk}}, \text{mg m}^{-3}$	Prům. chl-a, mg m^{-3}	Max. chl-a, mg m^{-3}	Prům. průhlednost, m	Min. průhlednost, m
Oligotrofie	< 10	< 2,5	< 8	> 6	> 3
Mezotrofie	10 - 35	2,5 - 8	8 - 25	6 - 3	3 – 1,5
Eutrofie	35 - 100	8 - 25	25 - 75	3 – 1,5	1,5 – 0,7
Hypertrofie	> 100	> 25	> 75	< 1,5	< 0,7

Tabulka 1: Hraniční hodnoty pro klasifikaci úživnosti povrchových vod podle OECD (1992).* [32]

*, Vysvětlivky [32]:

P_{celk} – průměrná roční koncentrace celkového fosforu v nádrži či jezeře

Prům. chl-a – průměrná roční koncentrace chlorofylu-a v povrchové vrstvě

Max. chl-a – maximální roční koncentrace chlorofylu-a v povrchové vrstvě

Prům. průhlednost – průměrná roční průhlednost (naměřená pomocí Secchi desky); v případě mělkých, větrem nebo proudem míchaných nádrží mohou být na všech úrovních úživnosti hodnoty nižší kvůli resuspencím sedimentů ze dna

Min. průhlednost – minimální roční průhlednost

Trofický potenciál [30]:

- Vyjádření: mg sušiny řas v 1 litru vzorku
- Stanovení – standardní biotest – kultivace řasy *Scenedesmus quadricauda* za stanovených podmínek
- Ukončení testu – když není další přírůstek
- Stanovení sušiny řasové biomasy
- Rozdíl na počátku a konci testu= trofický potenciál

Trofický potenciál vody je ukazatelem obsahu biologicky využitelných živin ve vodě. Trofický potenciál se stanoví laboratorně na vybraném druhu řasy ve vzorku vody a souží nám k určení koncentrací řasové biomasy (sušiny) v této vodě za standardních podmínek. [13]

Stupeň trofie vody	Trofický potenciál mg/l
Ultraoligotrofní (neúživné)	<5
Oligotrofní (slabě úživné)	5 – 50
Mezotrofní (středně úživné)	50 – 200
Eutrofní (silně úživné)	200 – 500
Polytrofní (velmi silně úživné)	500 – 1000
Hypertrofní (vysoce úživné)	> 1000

Tabulka 2: Trofický potenciál [30]

Stupně trofie:

Klasifikace WQA (*Water Quality Association*) 1992: stupně trofie podle úrovně nutrientů. [30]

Stupeň	P Průměr mg/l	Chlorofyl a Ø mg/m	Chlorofyl a Max. mg/m ³	Secchi disc Ø m	Secchi disc Min. m	O ₂ Min % sat.
Ultra-oligotrofní	4	1	2,5	12	6	<90
Oligotrofní	10	2,5	8	6	3	<80
Mesotrofní	10-35	2.5-8	8-25	6-3	3-1,5	40-89
Eutrofní	35-100	8-25	25-75	3-1,5	1,5-0,7	40-0
Hypertrofní	100	25	75	1,5	0,7	10-0

Tabulka 3: Stupeň trofie [30]

2.6 Povrchové stojaté vody

Vody dělíme na povrchové a podpovrchové, povrchové vody dále na tekoucí a stojaté, a právě tyto povrchové stojaté vody můžeme dále charakterizovat takto [11]:

Do vody stojaté řadíme nádrže, rybníky, jezera, drobné vody, bažiny, slatiny, rašeliniště, tůňky. Vody stojaté od tekoucí se liší omezenější cirkulací vody, a místo horizontálního charakteru převládá důležitost vertikálního. V jednotlivých vrstvách se značně liší základní vodní jevy (obsah kyslíku, množství světla, organismy, teplota apod.).

Obsah kyslíku: obsah kyslíku je nejvyšší ve vodních nádržích u přítoku a u hladiny. Čím jdeme níže ke dnu tím méně je zde kyslíku. Záleží na velikosti nádrže, zda a jak výrazně se zde tento jev projeví.

Množství světla: je směrodatným faktorem pro výskyt vodních rostlin a fytoplanktonu, tedy eutrofizace vod.

Teplota: teplota vody ovlivňuje rozmanitost a početnost organismů.

- **ANOMÁLIE VODY** je výrazným jevem právě u stojatých vod, tzn.: voda má nejvyšší hustotu při 4 °C, což organismům v zimním období umožňuje přežít u dna. Důležitá je opět velikost nádrže, která tento jev také ovlivňuje.

Základní části stojatých vod:

- **Pelagiál**, tedy vodní hladina nádrže, má oproti bentálu (dnu nádrže) dostatek světla i kyslíku.
- **Bentál**, tedy dno nádrže, je obýván bentosem (organismy žijícími na dně), je zde dostatek živin, ale méně kyslíku a světla. Lépe je na tom **litorál** - příbřežní prosvětlená zóna bentálu. Specifickou částí bentálu je **profundál** - část dna pod kompenzačním bodem (v přirozených mělkých nádržích chybí). [11]

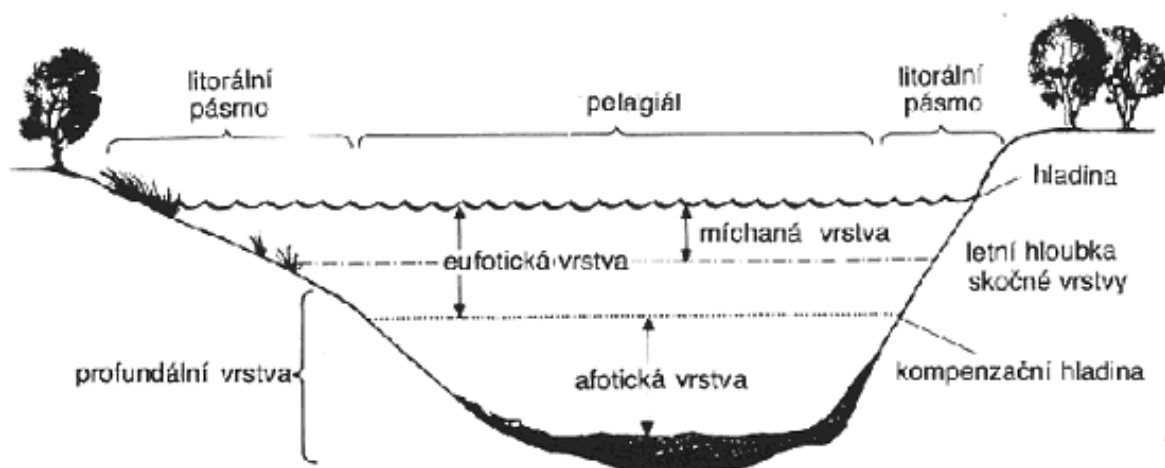


Schéma horizontálního a vertikálního členění vodní nádrže stratifikované teplotně a světelným klimatem. Diagram ilustruje členění mělké nádrže mírného klimatického pásma v době letní stagnace (podle Goldmana et Horneho, 1983)

Obrázek 9: Vrstvy nádrže, autor: www.priroda.cz

Dle obsahu živin (trofie), se dělí [11]:

Oligotrofní vody – malá produkce organické hmoty, dostatek kyslíku a malá tvorba sedimentů.

Eutrofní vody - naopak velká produkce organické hmoty a malé množství kyslíku.

Dystrofní vody - malé množství organických látek, ale vysoký obsah huminových kyselin.

V *Tabulce 4* jsou znázorněny hodnoty a ukazatele přípustného znečištění povrchových vod a vod využívaných pro vodárenské účely, koupání osob a kaprové a lososové vody, vztahující se k místu odběru vody pro úpravu na pitnou vodu, místu provozování koupání nebo k úseku vodního toku určeného jako lososová nebo kaprová voda, z nařízení vlády č. 401/2015 Sb. (toto nařízení vlády je blíže specifikováno v části Legislativa). [39]

Ukazatel	Značka, zkratka nebo číslo CAS	Jednotka	Přípustné znečištění pro účely § 31, § 34 a § 35 zákona	Přípustné znečištění	
			roční průměr	roční průměr	Max.
Všeobecné ukazatele					
teplota vody	t	°C			29
reakce vody	pH	-		5-9 ^{1),2)}	
nasycení vody kyslíkem	O ₂	mg/l		>9	
biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅	mg/l	2,7 ¹ 1,8 ² 3,2 ³	3,8 ¹⁾	
chemická spotřeba kyslíku	CHSK _{Cr}	mg/l	5,9 ⁴	26	
celkový organický uhlík	TOC	mg/l	4,5 ⁵	10	
celkový fosfor	P _{celk.}	mg/l	0,05 ³⁾ 6 7	0,15 ¹⁾	
celkový dusík	N _{celk.}	mg/l		6	
dusičnanový dusík	N-NO ₃ ⁻	mg/l		5,4 ¹⁾	
dusitanový dusík	N-NO ₂ ⁻	mg/l	0,08 ⁸ 0,12 ⁹		
amoniakální dusík	N-NH ₄ ⁺	mg/l	0,03 0,16	0,23 ¹⁾	
rozpuštěné látky sušené	RL ₁₀₅	mg/l		750	
rozpuštěné látky žíhané	RL ₅₅₀	mg/l		470	
nerozpuštěné látky	NL ₁₀₅	mg/l		20	
chloridy	Cr ⁻	mg/l	65 ¹⁰	150	

Tabulka 4: Hodnoty a ukazatele přípustného znečištění povrchových vod* [39]

*,¹ Vyhláškou č. 48/2014 Sb. specifikována limitní hodnota 5 mg/l (A2) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na C_{prům} = 1,85 (z dat 2010-12).

² Nařízením vlády č. 71/2003 Sb. specifikována limitní hodnota 3 mg/l (cílová pro lososové vody) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,85$ (z dat 2010-12).

³ Nařízením vlády č. 71/2003 Sb. specifikována limitní hodnota 6 mg/l (cílová pro kaprové vody) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,85$ (z dat 2010-12).

⁴ Vyhláškou č. 48/2014 Sb. specifikována limitní hodnota 10 mg/l (A2) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,7$ (z dat 2010-12); tato hodnota se vztahuje na stanovení $CHSK_{Mn}$.

⁵ Vyhláškou č. 48/2014 Sb. specifikována limitní hodnota 7 mg/l (A2) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,563$ (z dat 2010-12).

⁶ Vyhláškou č. 48/2014 Sb. limitní hodnota nespecifikována (na rozdíl od předchozí novely vyhlášky č. 428/2001 Sb.).

⁷ Vyhláškou č. 238/2011 Sb. limitní hodnota nespecifikována (na rozdíl od předchozí novely vyhlášky č. 135/2004 Sb.).

⁸ Nařízením vlády č. 71/2003 Sb. specifikována limitní hodnota 0,6 mg/l (cílová pro lososové vody) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 2,18$ (z dat 2010-12).

⁹ Nařízením vlády č. 71/2003 Sb. specifikována limitní hodnota 0,9 mg/l (cílová pro kaprové vody) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 2,18$ (z dat 2010-12).

¹⁰ Vyhláškou č. 48/2014 Sb. specifikována limitní hodnota 100 mg/l (A2) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,52$ (z dat 2010-12).“ [39]

3 NEVODÁRENSKÉ NÁDRŽE – DEFINICE, LEGISLATIVA. SOUČASNÝ STAV

3.1 Definice

Když to vezmeme z druhého konce, tedy jaká je charakteristika vodárenské nádrže, potom lze říci, že vodárenská nádrž nám slouží k zásobním účelům jako zdroj pitné vody. Je vyjmenována ve vyhlášce Ministerstva životního prostředí č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží. [38]

Vodárenské nádrže jsou chráněny ochranným pásmem vodního zdroje a platí pro ně, že ochranné pásmo vodního zdroje 1. stupně je stanoveno jako souvislé území odpovídající minimálně celé ploše hladiny nádrže při maximálním vzduť.

Tím lze přiblížit charakteristiku nevodárenský nádrže, s tím, že můžeme negovat výše zmíněná fakta. Jde tedy hlavně o pitnou vodu, které nevodárenské nádrže nejsou zdrojem. Pokud jde o definice, pojmu odkážeme se zde na přehrady a jezera. [1]

3.2 Legislativa

- **Koupací sezona:**

Kdy je doba ke sledování jakosti vody na koupališti ve volné přírodě nebo na koupací oblasti? V koupací sezóně. Podle zákona o ochraně veřejného zdraví definice zní: „*Koupací sezónou jednotlivých přírodních koupališť se rozumí zpravidla období od 30. května do 1. září nebo období, během něhož lze očekávat velký počet koupajících se osob*“. Koupací sezóna je tedy doba, ve které je koupaliště provozováno (má-li provozovatele) a v případě povrchových vod využívaných ke koupání bez provozovatele, což je asi 130 míst v ČR, je jakost vody sledována příslušnou hygienickou stanicí od začátku června do konce srpna. [5]

- **Koupací oblast:**

definuje **zákon č. 254/2001 Sb.** a jejich seznam a vymezení jsou určeny **vyhláškou č. 159/2003 Sb.**, dále ve znění **vyhlášky č. 168/2006 Sb.** Nyní je v České Republice 132 koupacích oblastí. Koupací oblasti nespravuje provozovatel, jsou využívány ke koupání větším počtem osob a je povinností krajských hygienických stanic (KHS) provádět na

koupacích oblastech kontroly jakosti vody. Rozsah a četnost kontrol je dán **vyhláškou č. 135/2004 Sb.** [5]

- **Přírodní koupaliště:**

jsou rekreační zařízení a spadá sem nejen voda, ale i zázemí na břehu, provozovaná v souladu se **zákonem č. 258/2000 Sb.**, o ochraně veřejného zdraví a **vyhláškou č. 135/2004 Sb.** Koupaliště ve volné přírodě má svého provozovatele a ten má povinnost sledovat jakost vody v předepsaném rozsahu a předkládat výsledky těchto analýz místně příslušné KHS. V roce 2006 bylo součástí zprávy pro Evropskou komisi (EK) 55 koupališť ve volné přírodě, ve skutečnosti je u nás koupališť ve volné přírodě mnohem více (asi 130), ale nebyla do zprávy zařazena všechna, protože mezi ně spadají i lokality (jako jsou některé venkovní bazény a podobné lokality), na které se daná evropská směrnice přímo nevztahuje. [5]

1) **„Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví ve znění pozdějších předpisů“:**

Tento zákon (z hlediska koupacích vod zásadně novelizovaný v roce 2011) upravuje povinnosti práva a fyzických a právnických osob v oblasti podpory a ochrany veřejného zdraví a soustavu orgánů ochrany veřejného zdraví, jejich působnost a pravomoc. Také stanovuje hygienické požadavky na přírodní koupaliště a jiné povrchové vody, které se využívají ke koupání, bazény, umělá koupaliště, sauny a povinnosti jejich provozovatelů. A požadavky jsou konkretizovány ve **vyhlášce č. 238/2011 Sb.** [17]

2) Stanovení hygienických požadavků na koupaliště zahrnuje **Vyhláška č. 238/2011 Sb.**, do které také spadá stanovení hygienických požadavků na sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch ve znění **vyhlášky č. 97/2014 Sb.** [9]

Vyhláška č. 238/2011 Sb. upravuje [9]:

- rozsah informování veřejnosti o jakosti povrchových vod ke koupání, pravidla pro monitorování a posuzování jakosti vody v přírodních koupalištích, kritéria jejich klasifikace vody
- požadavky na členění, provoz a vybavení přírodních koupališť

- hygienické limity pro ukazatele jakosti vody v umělých koupalištích a v saunách, mikroklimatické podmínky, hygienické požadavky na členění, provoz a vybavení umělých koupališť a saun, požadavky na vydatnost a jakost zdroje vody pro umělé koupaliště a sauny
- hygienické požadavky na úpravu, recirkulaci a obměňování vody v bazénech umělých koupališť a saun
- hygienické limity parazitologického, chemického a mikrobiologického znečištění písku v pískovištích na venkovních hracích plochách.

3) „Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)“

Tato právní norma chrání povrchové a podzemní vody, stanovuje podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a podmínky pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytváří podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní i sucha a zajišťuje bezpečnost vodních děl. Zákon nese definici povrchových vod využívaných ke koupání osob, dále stanovuje povinnost kontroly kvality těchto vod a v případě nevyhovující jakosti vody určuje opatření pro zlepšení stavu. *Novelizace* pod č. **151/2011 Sb.** zahrnuje i novelizaci vodního zákona. [17]

4) „Vyhláška č. 155/2011 Sb., o profilech povrchových vod využívaných ke koupání“

V roce 2011 byla vydána *vyhláška č. 155/2011 Sb.* k vodnímu zákonu, která stanovuje obsah a způsob sestavení profilech povrchových vod, které se využívají ke koupání. Vyhláška zapracovává předpis Evropské unie, obsah a způsob sestavení profilu povrchových vod využívaných ke koupání. Tento profil vody ke koupání obsahuje podrobný popis koupací vody včetně jejich přítoků, možných zdrojů znečištění a zhodnocení kvality vody ke koupání. Vody ke koupání mají své správce, kteří sestavují profily těchto vod a sbírají aktuální údaje, které předávají příslušné krajské hygienické stanici po skončení koupací sezóny. [17]

- **Kategorie koupacích vod [18]**

V roce 2004 byly zprovozněny jednotné webové stránky ministerstva zdravotnictví, krajských hygienických stanic a Státního zdravotního ústavu, pro informaci veřejnosti o vodách. Lidé se zde mohou během celé letní rekreační sezony informovat o jakosti vod jak na koupalištích, tak ve volné přírodě. Od roku 2006 jsou tyto informace zveřejňovány i na Geoportále veřejné správy ČR. Veřejnost se zde může informovat jednoduše, pomocí jednotného systému hodnocení jakosti vody, pomocí sluníček pěti různých barev:

1. ☺ (modrá) = **voda vhodná ke koupání** (nezávadná voda, nízká pravděpodobnost vzniku zdravotních problémů s vyhovujícími smyslově postižitelnými vlastnostmi);
2. 😊 (zelená) = **voda vhodná ke koupání se zhoršenými smyslově postižitelnými vlastnostmi** (nezávadná voda, nízká pravděpodobnost vzniku zdravotních problémů, zhoršené smyslově postižitelné vlastnosti, vhodné se osprchovat);
3. 😬 (oranžová) = **zhoršená jakost vody** (mírně zvýšená pravděpodobnost vzniku zdravotních problémů, u citlivějších jedinců se již mohou vyskytnout zdravotní problémy, po koupání se doporučuje osprchovat);
4. 😡 (červená) = **voda nevhodná ke koupání** (neodpovídá hygienickým požadavkům ke koupání a pro lidi představuje zdravotní riziko, není vhodné koupání pro citlivé jedince, především pro děti, těhotné ženy, alergické osoby a osoby s oslabeným imunitním systémem);
5. ☹ (černá) = **voda nebezpečná ke koupání** (neodpovídá hygienickým požadavkům, hrozí vážné poškození zdraví, vyhlašuje se zákaz koupání).

Vzhledem k tomu, že Evropská komise stojí o zavedení jednotného evropského systému značení vhodnosti vod ke koupání, stane se tento oblíbený a osvědčený národní model brzy možná minulostí.

1. **Voda vhodná ke koupání**

Jedná se o vodu, která je svou kvalitou vhodná ke koupání, je tedy nezávadná a je označena modře. [19]

Musí splňovat tyto limity:

- SINICE-nálezy sinic z rozboru nesmí nepřekračovat 20 000 buněk/ml (nebo 2 mm³/l buněčného objemu sinic) toto platí pro koupaliště, u kterých se monitoring sinic provádí jinak než podle *paragrafu 3 odst. 3 vyhlášky*.
- MIKROBIOLOGICKÉ UKAZATELE-výsledky rozborů ukazatelů koliformní bakterie, termotolerantní koliformní bakterie a enterokoku, ty jsou vyhovující podle *paragrafu 5 odst. 1 vyhlášky*, tedy vyhovují nejméně v 95 % limitním hodnotám a nejméně v 80 % doporučeným hodnotám z přílohy 1 vyhlášky. Výsledky rozborů těchto ukazatelů v probíhající koupací sezóně nepřesáhly limitní hodnoty přílohy 1 vyhlášky.
- OSTATNÍ VLASTNOSTI – u této vody nejsou zhoršeny smyslově postižitelné vlastnosti vody. [21]

2. Voda vhodná ke koupání se zhoršenými smyslově postižitelnými vlastnostmi

Jedná se o vodu nezávadnou, svou kvalitou spíše vyhovující ke koupání, se zhoršenými senzorickými jevy, je označena zeleně. [19]

Musí splňovat alespoň jednu z těchto podmínek:

- PRŮHLEDNOST - při posledním odběru byla menší než 1 m. Když je způsobena pro lokalitu typickým přirozeným zákalem, který však nemá původ v přítomných organismech, tak se průhlednost nehodnotí.
- VIDITELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ - je buďto přítomno a není přírodního původu (např. prázdné obaly od nápojů a další odpadky) nebo je přítomno znečištění přírodního původu (např. listy stromů), ale je v takovém rozsahu, že viditelně zhoršuje estetické vlastnosti vody.
- Další smyslově postižitelné vlastnosti, které však neodrazují od koupání, což může být například mírný výskyt pěny nebo nepříjemný, ale neodpuzející zápach vody. [21]

3. Zhoršená jakost vody

Jedná se o stupeň mezi závadností a nezávadností vody, je zde zdravotní riziko pro citlivé jedince a po koupání je doporučeno se osprchovat. Tato voda je označena oranžově. [19]

Tento stupeň se použije, je-li splněna nejméně jedna z následujících podmínek, ale žádné vlastnosti nespádají do kategorií „voda nevhodná ke koupání“ a „zákaz koupání“:

- SINICE - nálezy z posledního rozboru přesahují 20 000 buněk/ml, ale nepřesahují 100 000 buněk/ml (nebo 2 a 10 mm³/l buněčného objemu sinic) a také koncentrace chlorofylu-a je přesahuje hranici 10 µg.l-1 (tzn., že byly překročeny limity I. stupně uvedené v příloze č. 2 vyhlášky).
- MIKROBIOLOGICKÉ UKAZATELE výsledky rozborů ukazatelů koliformní bakterie, termotolerantní koliformní bakterie a enterokoky vyhovovaly v předcházející koupací sezóně *paragrafu 5 odst. 1a*, ale nejméně jeden ze zmíněných ukazatelů nevyhovoval v předcházející koupací sezóně *paragrafu 5 odst.1b vyhlášky* – tzn., že nejméně 95% vzorků nepřesáhlo limitní hodnoty z přílohy 1 vyhlášky. Zdravotní potíže je-li prokázána alergická reakce u citlivých osob po kontaktu s vodou, ale zjištěné hodnoty ukazatelů jakosti vody odpovídají kategoriím „Voda vhodná pro koupání“ nebo „Zhoršené smyslově postižitelné vlastnosti vody“. [21]

4. Voda nevhodná ke koupání

U této vody je nevyhovující kvalita se zdravotním rizikem především pro citlivé jedince. Vodu najdeme červeně označenou. [19]

Splňuje alespoň jednu z následujících podmínek, ale žádné z jejich vlastností neodpovídají kategorii „zákaz koupání“:

- SINICE – když nález sinic překročí 100 000 buněk/ml (nebo 10 mm³/l buněčného objemu sinic) a koncentrace chlorofilu-a přesáhla hranici 50 µg/l takže byly překročeny limit II. stupně (stanovené v příloze č. 2 vyhlášky)
- MIKROBIOLOGICKÉ UKAZATELE - výsledky rozborů alespoň jednoho z ukazatelů koliformní bakterie, enterokoky a termotolerantní koliformní bakterie

nevyhovovaly v předcházející koupací sezóně takže více než 5% vzorků překračovalo limitní hodnoty

- nejméně u jednoho z výše zmíněných mikrobiologických ukazatelů byly alespoň ve dvou po sobě následujících odběrech překročeny limitní hodnoty SMYSLOVĚ POSTIŽITELNÝCH VLASTNOSTÍ - viditelné znečištění, olejový film zápach, pěna atd. na hladině je tak velkého rozsahu, že je prakticky vyloučeno rekreační využití této vody. [21]

5. Voda nebezpečná ke koupání

Tato voda striktně neodpovídá hygienickým požadavkům na koupací vody a hrozí akutní poškození zdraví, je vyhlášen zákaz koupání a je označena černou barvou. [19]

Tohoto stupně použijeme, je-li splněna alespoň jedna z následujících podmínek:

- SINICE – pokud se vyskytuje vodní květ na místě standardního odběru vzorků nebo mimo ně, pokud existuje reálná možnost aktivního přemísťování vodního květu na standardní odběrové místo při změně směru větru ve shodě s paragrafem 5 odst. 3 vyhlášky stejně je tomu tak v případě výrazného přesazení limitu 100 000 buněk/ml (nebo 10 mm³/l) v přítomnosti sinic, netvořící vodní květy. Tohle se týká především přítomnosti *Planktothrix agardhii*, která vodní květy, vyskytující se u hladiny, vytváří jen málokdy, a navíc většinou produkuje větší množství toxinů na jednotku biomasy nežli jiné známé sinice.
- MIKROBIOLOGICKÉ UKAZATELE - výsledky dlouhodobě překračují limity hodnot z přílohy 1 vyhlášky.
- OSTATNÍ PŘÍPADY – v každém případě, kdy existuje riziko, a tedy i odůvodněné podezření na ohrožení zdraví koupajících se lidí v této vodě. Vždy, když v této lokalitě nevysvětlitelně umírají ryby i přes to, že ukazatele jakosti vody jsou v pořádku. Také vždy, když je zde zvýšený výskyt akutních onemocnění, jejichž příčinou a zdroj nákazy je právě koupání v tomto místě, a to i v případě, kdy ve vodě není prokázán specifický původce nemoci. [21]



Obrázek 10: Příklad záznamu zatřídění koupacích vod, autor: www.koupacivody.cz

Nitrátová směrnice [9]:

„Nitrátová směrnice je předpis Evropské unie (Směrnice Rady 91/676/EHS) o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů) vytvořený pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělství.“

Zranitelné oblasti:

Ve zranitelných oblastech je plnění nitrátové směrnice povinné. Zranitelné oblasti jsou vymezeny hranicemi v katastrálních územích, jsou to oblasti, kde se vyskytují vody znečištěné dusičnany ze zemědělských zdrojů (hnojiva). Zemědělské hospodaření v těchto oblastech dále upravuje Akční program nitrátové směrnice. [9]

Jsou to oblasti nebo části oblastí povodí, kde zemědělství nepříznivě ovlivňuje povrchové a podzemní vody koncentracemi dusičnanů. Spadají sem i oblasti, ve kterých dochází k úniku dusíku ze zemědělství a z tohoto důvodu i k eutrofizaci a následným nepříznivým dopadům na celý vodní ekosystém. Jsou to oblasti, které mají vliv na povrchové, mořské a pobřežní vody. [41]

Vymezení zranitelných oblastí a monitoringu vod v ČR má na starosti Ministerstvo životního prostředí a zásady správného zemědělství a zpracování Akčního programu má na starosti Ministerstvo zemědělství. Dále se **nařízením vlády č. 103/2003 Sb.**, o stanovení zranitelných oblastí, upravilo používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, provádění protierozních opatření a střídání plodin v těchto oblastech. Zranitelné oblasti byly vymezené a nabyly účinnosti 11. 4. 2003. [9,41]

Jak hospodařit ve zranitelných oblastech?

- zemědělské hospodaření upravuje Akční program nitrátové směrnice
- Akční program podléhá přezkoumání a případným úpravám nejdéle ve 4letých intervalech
- požadované způsoby hospodaření závisí na klimatických a půdních podmínkách
- k tomu se využívají údaje o bonitaci půdy (bonitované půdně ekologické jednotce - BPEJ)
- zemědělci, kteří jsou zařazeni v registru půdy (LPIS) mají možnost získat v LPIS informace o příkázaných způsobech hospodaření na jednotlivých půdních blocích nebo na jejich dílech

Citlivé oblasti (celá ČR):

Tento pojem definuje **směrnice 91/271/EHS** o čištění městských odpadních vod. Jedná se od vodní útvary (jezera, řeky nebo jejich úseky a další nádrže, mořské a pobřežní vody) v nichž dochází buďto k eutrofizaci vod, k překročení limitních koncentrací dusičnanů nebo je ohroženo plnění cílů jiných směrnic Společenství následkem vypouštění odpadních vod z aglomerací větších než 10 000 ekvivalentních obyvatel (EO). *Směrnice 91/271/EHS* umožňuje nevymezovat citlivé oblasti, když se příslušný stát zaváže aplikovat přísnější požadavky na čištění odpadních vod (tedy odstraňovat dusík a fosfor) z aglomerací nad 10 000 EO celoplošně. [41]

V ČR byly do legislativy principy směrnice o čištění odpadních vod ve městech aplikovány *paragrafem 32 zákona č. 254/2001 Sb.* (vodního zákona). *Paragraf 10 nařízení vlády* stanovuje, že citlivými oblastmi jsou všechny vody na území ČR. [41]

„Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech“ [9]

„Příloha č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Ukazatele vyjadřující stav povrchové vody, normy enviromentální kvality a požadavky na užívání vod.“

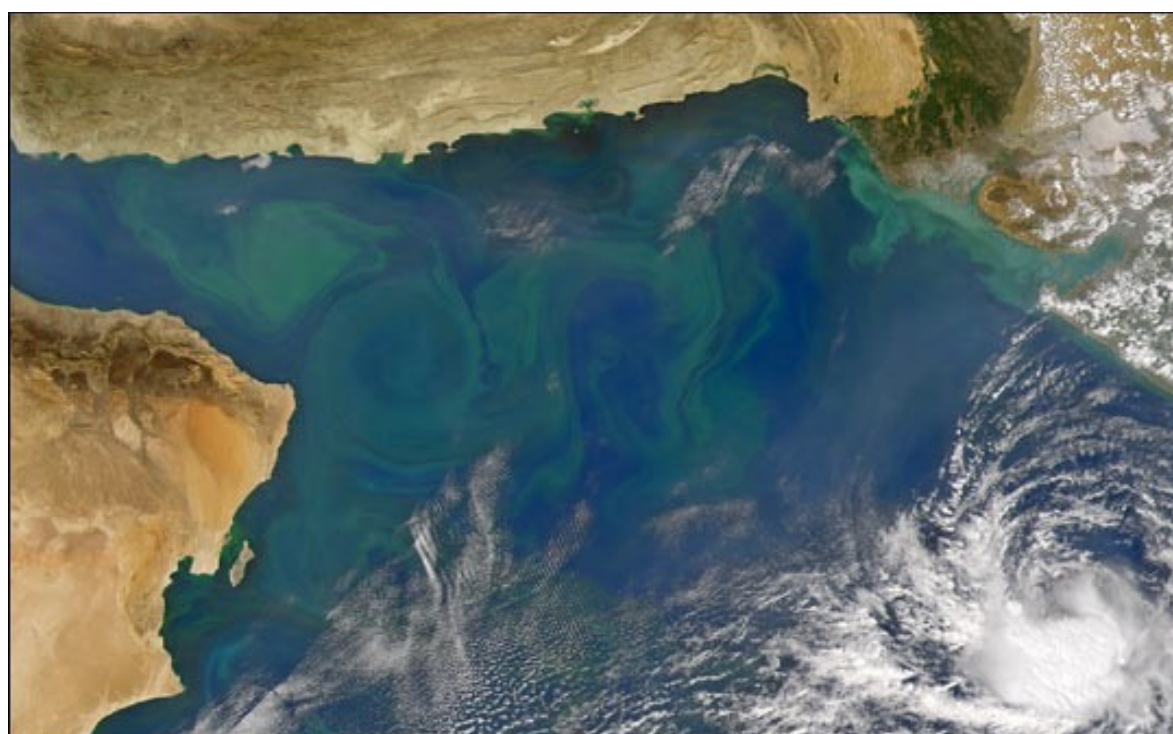
Hodnoty a ukazatele akceptovatelného znečištění povrchových vod a užívaných vod pro vodárenské účely, koupání osob, kaprové a lososové vody, vztahující se k místu odběru pro úpravu vody na pitnou, místu provozování koupání, přesněji k úseku vodního toku stanoveného jako kaprová nebo lososová voda, ukazuje *Tabulka č. 4.* [41]

4 MONITORING EUTROFIZACE U KOUPACÍCH VOD V ZAHRANIČÍ A V ČR

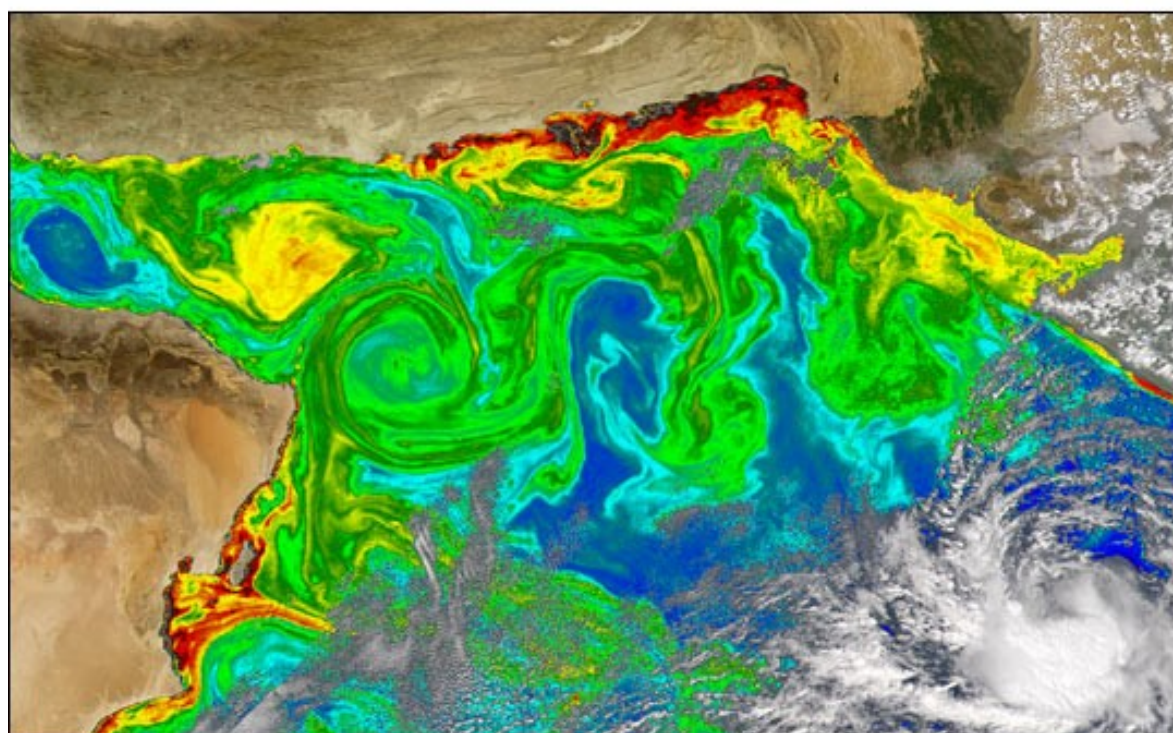
4.1 Monitoring eutrofizace vod v zahraničí

Měření eutrofizace není snadný úkol. Vodní ekosystém je velmi komplexní díky konstantním interakcím mezi fyzikálními, chemickými a biologickými složkami. Existuje několik ukazatelů k posouzení míry eutrofizace: nutrienty (= živiny, např. fosfor, ortfosfát, celkový dusík a dusík v dusičnanech), rozpuštěný kyslík, (čím více řas, tím méně kyslíku, což vede např. k úhynu ryb), transparentnost vody (propustnost světla), chlorofyl-a, biologická kvalita vody (ryby jsou důležitým ukazatelem kvality vodního prostředí). [40]

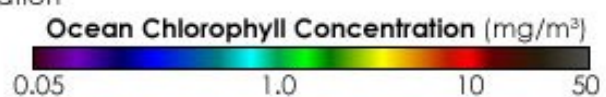
Sběr vzorků vody z lodí je často drahý a poskytuje data, která jsou omezena prostorem a časem. Zásadní průlom je využití satelitů (dálkové snímání), to umožňuje studium velkých ploch s vysokým rozlišením a měření v dlouhých časových řadách. Další vývoj v dálkovém snímání zajišťuje identifikaci různých parametrů, např. chlorofylu-a, fytoplanktonu a teploty. Nejužitečnější informace pro sledování eutrofizace je barva vody, viz. *Obrázek 11*. Chlorofylový pigment zbarví vodu do zelena, takže fytoplankton lze odhalit mimo prostor se speciálními snímači, jako je MERIS (*Envisat's Medium Resolution Imaging Spectrometer*) a MODIS (*The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). [40]



Natural Color



Chlorophyll Concentration



Obrázek 11: květ fytoplanktonu v Arabském moři (autor: NASA/Goddard Space Fligh Center)

V evropských zemích je to *Water Framework Directive* (WFD), tedy Rámcová směrnice o vodě, ta pokrývá všechny vody včetně vnitrozemských vod (povrchové i podzemní vody) a přechodné i pobřežní vody. Článek 8 rámcové směrnice o vodě (WFD) stanovuje požadavky na sledování stavu povrchových vod, stavu podzemních vod a chráněných oblastí [37]:

Programy monitorování jsou nutné k vytvoření koherentního a komplexního přehledu stavu vody v každé oblasti povodí. Cílem monitorování je vytvořit přehled v rámci každé oblasti povodí. Mělo by také umožnit zařazení všech útvarů povrchových vod do pěti různých tříd a podzemní vody do dvou tříd.

Požadavky na informace z monitorování by měly zahrnovat [37]:

- Klasifikace stavu povrchových vod.
- Chemický stav všech útvarů nebo skupin subjektů podzemních vod, u nichž bylo zjištěno, že jsou ohroženy.
- Spolehlivé hodnocení kvantitativního stavu všech útvarů nebo skupin útvarů podzemní vody.
- Odhady směru a průtoku v útvarech podzemních vod, které překračují hranice členských států. To by mělo být použito při hodnocení dlouhodobých trendů, a to jak v důsledku změn přírodních podmínek, tak prostřednictvím antropogenní aktivity.
- Odhady zátěže znečišťujících látek překračující mezinárodní hranice nebo vypouštěné do moří.
- Hodnocení změn stavu vodních útvarů.
- Velikost a dopady náhodného znečištění.
- Interkalibrační cvičení.
- Posuzování shody s normami a cíli chráněných oblastí.
- Kvantifikace referenčních podmínek (pokud existují) pro útvary povrchových vod.

Druhy monitorování [37]

Tři typy monitorování povrchových vod jsou popsány v příloze WFD: sledovací (kontrolní), operační (provozní) a výzkumný monitoring. Z hlediska chemického stavu podzemních vod je nutné sledovat a operačně monitorovat. U podzemních vod je nutná síť monitorování hladiny vody, která zajistí spolehlivé posouzení kvantitativního stavu všech útvarů nebo skupin útvarů podzemních vod včetně posouzení dostupných zdrojů podzemních vod. Tyto typy by měly být doplněny monitorovacími programy požadovanými pro chráněné oblasti.

Směrnice specifikuje prvky kvality pro klasifikaci ekologického stavu, které zahrnují hydro-morfologické, chemické a fyzikálně-chemické prvky podporující biologické elementy.

- Pro kontrolní monitoring musí být sledovány parametry indikující všechny biologické, hydro-morfologické a obecné i specifické fyzikálně-chemické ukazatele kvality.
- Pro provozní monitorování by měly být použity parametry indikující biologické a hydro-morfologické prvky kvality, které jsou nejvíce citlivé na tlaky, kterým je útvar vystaven, stejně jako všechny prioritně vypouštěné látky a látky vypouštěné ve významných množstvích.

Parametry a ukazatele kvality

Pro sledování povrchových vod musí členské státy, po dobu minimálně jednoho roku, sledovat parametry indikující všechny biologické, hydro-morfologické a obecně fyzikálně-chemické prvky kvality. Tyto látky vypouštěné do povodí nebo dílčích povodí musí být monitorovány. Je třeba sledovat i další látky znečišťující vodní prostředí, které jsou do povodí nebo dílčího povodí vypouštěny ve významných množstvích. Pro provozní monitorování povrchových vod jsou členské státy povinny sledovat ty biologické a hydro-morfologické indikátory kvality, které jsou nejvíce citlivé na tlaky, kterým je vodní útvar vystaven. [37]

4.1.1 Eutrofizace vod v zahraničí

Problém eutrofizace není aktuální jen ve středoevropském regionu či snad pouze v ČR, naopak dnes je to doslova celosvětový problém. Začátek eutrofizace sahá do 50. let 20. století, kdy se začalo s velkoplošným intenzivním hnojením zemědělských ploch a kdy byl exponenciální nárůst populace. Eutrofizace se týká téměř všech velkých evropských řek (Seina, Dunaj, Labe či Tajo). V Anglii vykazuje 84 % sledovaných vodních ploch příznaky eutrofizace. Silně eutrofizovaný je maďarský Balaton nebo německé jezero Arendsee. Ve Švédsku je zvyšování trofie vedle acidifikace jezer druhým nejzávažnějším problémem, oba jevy jsou zde zkoumány v zajímavých souvislostech. Další evropské země, kde je eutrofizace známým problémem jsou např. Řecko (jezera i Egejské moře), Makedonie, Estonsko, Nizozemsko, Irsko (i v Irském moři), aj. [34]

Mimo Evropu najdeme eutrofizované vody např. na floridském jezeře Apopka, u něhož se úživnost pozoruje od 50. let, vlivem nadměrným přísunem nutrientů antropogenní činností se barva vodní plochy změnila na zelenou a nyní je zde nadměrný nárůst řas a minimum ryb. [35]

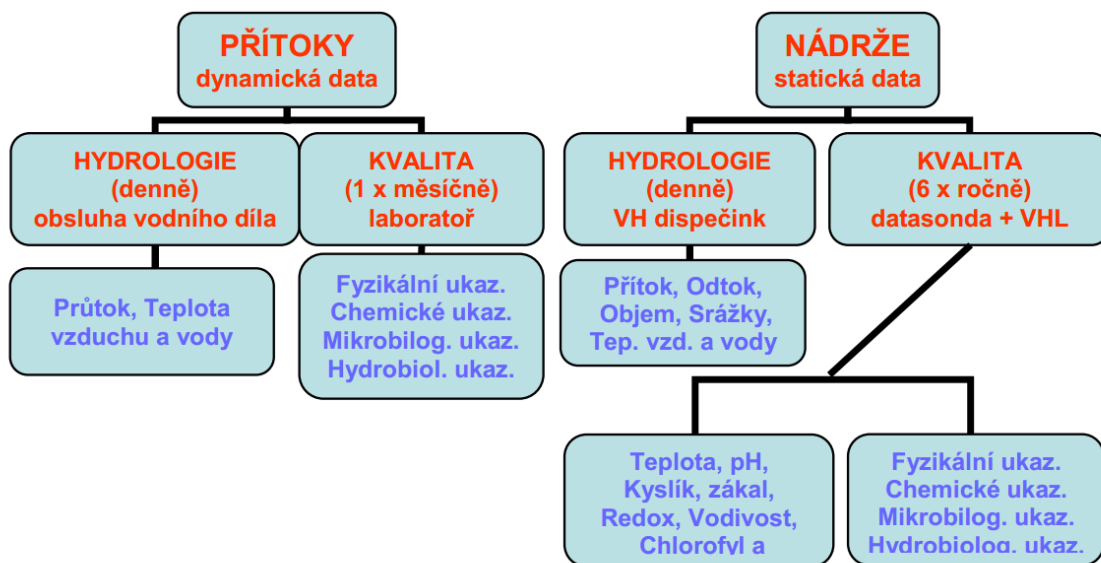
Pokud zůstaneme v USA, musíme zmínit další postižená jezera jako Mendota ve Wisconsinu, Travis v Texasu nebo Coeur d' Alene v Idahu. Velký problém eutrofizace je i v Chile, kde se vyskytly případy otravy fyto toxiny nebo v Brazílii, kde je v jezerech masový výskyt sinic, řas a zooplanktonu. Problém s eutrofizací se nevyhnul ani africkým jezerům, kde je masový nárůst populace a s tím spojený velký rozvoj užívání hnojiv, narůstající množství odpadních vod a také vzdušných emisí, postihnuté je např. Viktoriino jezero. V Asii jsou silně eutrofizovány povrchové vody Číny a Koreji, především díky průmyslové výrobě a s tím spojenými změnami ovzduší i vodního prostředí, ale i pobřeží Japonska i Číny. Protinožci nejsou výjimkou, eutrofizací jsou postiženy i australské korálové atoly a stále častěji se publikují práce, studující souvislosti mezi klimatickými změnami a extrémním nárůstem sinic a řas, konkrétně se to týká jevu El Niño. Problémy úživnosti jsou rovněž v mořích a oceánech, a to silně eutrofizované oblasti Baltského moře patří Finský záliv či Polsko-Lotyšské pobřeží. Velmi silně je postiženo Středomořské pobřeží Francie v oblastech Biskajského zálivu a kanálu La Manche. Kyslíkatý deficit způsobený právě eutrofizací má za následek i tzv. „dead zones“ v Mexickém zálivu, což pravděpodobně zapříčinily velké americké řeky jako Mississippi. [35]

4.2 Monitoring eutrofizace v ČR, Vodní nádrž Těrlicko

Monitoring kvality vody českých údolních nádrží, který je součástí programu monitoringu povrchových vod, probíhá v teplejších měsících, a to duben – září, pro směsný vzorek je to i říjen a každá zahrnutá nádrž, která se monitoruje, je sledována 1x měsíčně na předem GPS stanovené síti měrných profilů. Na jednotlivých měrných profilech, které se navrhuje s ohledem na velikost, členitost, možný vliv jednotlivých přítoků každé nádrže, jsou data měřená in situ, tedy přímo na místě, pomocí multiparametrálního zařízení s hloubkovým krokem asi 1 m. Multiparametrální zařízení měří jak základní fyzikálně-chemické ukazatele přímo související s biochemickými procesy v nádrži (pH, teplota, zákal, kyslík, vodivost, redox potenciál), tak i za pomoci fluorimetru získává cenné údaje o hodnotách chlorofilu-a, což je hlavní indikátor úrovně výskytu fytoplanktonu (hlavně zelených řas) v daném místě a také se fluorimetrem detekuje modrý pigment – fykocyanin, který obsahují těla sinic. S měřením datasondou in situ probíhají zároveň odběry tzv. směsných vzorků, dále vzorků vody z hladiny nádrže, středu i jejího dna, ty jsou následně dopraveny do VH laboratoře k analýze a stanovení dalších sledovaných parametrů [36]

Součástí celého monitoringu, který zahrnuje sběr dat, jsou jejich součástí i data hydrologická (objem, srážky, teplota vzduchu, přítok, odtok), která se na nádrži měří denně. Abychom měli komplexní náhled na vývoj kvality vody jsou pro nás důležitá také jakostní a hydrologická data, která získáváme sledováním nejvýznamnějších přítoků jednotlivých údolních nádrží. Na *Obrázku 12* je znázorněno zjednodušené grafické schéma struktury monitoringu. [36]

Struktura monitoringu



Obrázek 12: Zjednodušené grafické schéma struktury prováděného monitoringu [36]

Klasifikace jakosti vody v nevodárenských nádržích se řídí požadavky *směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES* o řízení jakosti vod ke koupání a požadavky o zrušení *směrnice 76/160/EHS*, která byla postupně začleněna do právních předpisů ČR. Jakost „koupacích vod“ můžeme tedy hodnotit podle *příloh č.1 a č.6 k vyhlášce Ministerstva Zdravotnictví č.238/2011 Sb.* ve znění pozdějších změn - *vyhláška č.1/2016 Sb.*, která stanovuje hygienické požadavky na koupaliště, sauny a také hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. Podle přílohy č.1 této výše uvedené vyhlášky se při klasifikaci jakosti povrchových vod vhodných ke koupání zohledňuje pouze mikrobiologické znečištění vyjádřené ukazateli „střevní enterokoky“ a „E–coli“, proto je potřeba vodu v nádržích hodnotit za použití metodiky dle přílohy č.6 výše citované vyhlášky. Pak vodu v dané „koupací oblasti“ (bez provozovatele) či přírodním koupališti zařazuje do jedné z níže uvedených kategorií na základě této metodiky a tyto kategorie jsou označeny příslušným piktogramem (v tomto případě barevným smajlíkem). Hodnotícím kritériem je zejména množství výskytu sinic (udávaná v počtu buněk na ml vody), senzorické vlastnosti vody, koncentrace chlorofylu-a, výsledky rozborů mikrobiologických ukazatelů atd. (viz Kategorie koupacích vod). [36]

Každoročně vždy do 31. března Ministerstvo zdravotnictví ve spolupráci s Ministerstvem zemědělství a Ministerstvem životního prostředí aktualizují seznam

povrchových vod využívaných ke koupání na základě *novely zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví*. Dané lokality pak podléhají kontrolám místních příslušných hygienických stanic. V Moravskoslezském kraji jsou to například všechny významnější nevodárenské nádrže ve správě Povodí Odry (Těrlicko, slezská Harta, Žermanice, Baška, Olešná apod.) a ve správě měst, obcí či dalších organizací některé menší (státní podnik Lesy ČR, Tatra Kopřivnice). Výsledky analýz jsou zpracovány tabelárně pro každou nádrž a dále přehledně provedeno grafické hodnocení pomocí výstupů z prostředí softwaru ReViewe, doplněno dalšími grafy. [36]

Jako příklad je zde uvedeno praktické zpracování a vyhodnocení nevodárenské nádrže Těrlicko za rok 2016, které bylo vypracováno Povodím Odry.

4.2.1 Nevodárenská nádrž Těrlicko

Údolní nádrž Těrlicko leží na řece Stonávce v malebné Těšínské pahorkatině. Nalezneme ji jižně od karvinské části ostravsko-karvinského revíru mezi Českým Těšínem a Havířovem. Je to hlavní zdroj užitkové vody pro tento revír a Třinecké železářny. Přehrada se začala budovat roku 1955 a byla dokončena roku 1963. Původně byla vybudována jako zásobárna užitkové vody pro karvinské doly a Třinecké železářny. Nádrž byla v souvislosti se zajišťováním provozní vody pro Elektrárnu Dětmárovice v polovině 70. let posílena výstavbou přivaděče z Ropičanky. Dnes tato nádrž slouží primárně jako centrum letní rekreace v oblasti, protipovodňová ochrana níže ležícího území a k nalepšování minimálních průtoků ve Stonávce pod nádrží. [14,15,16]



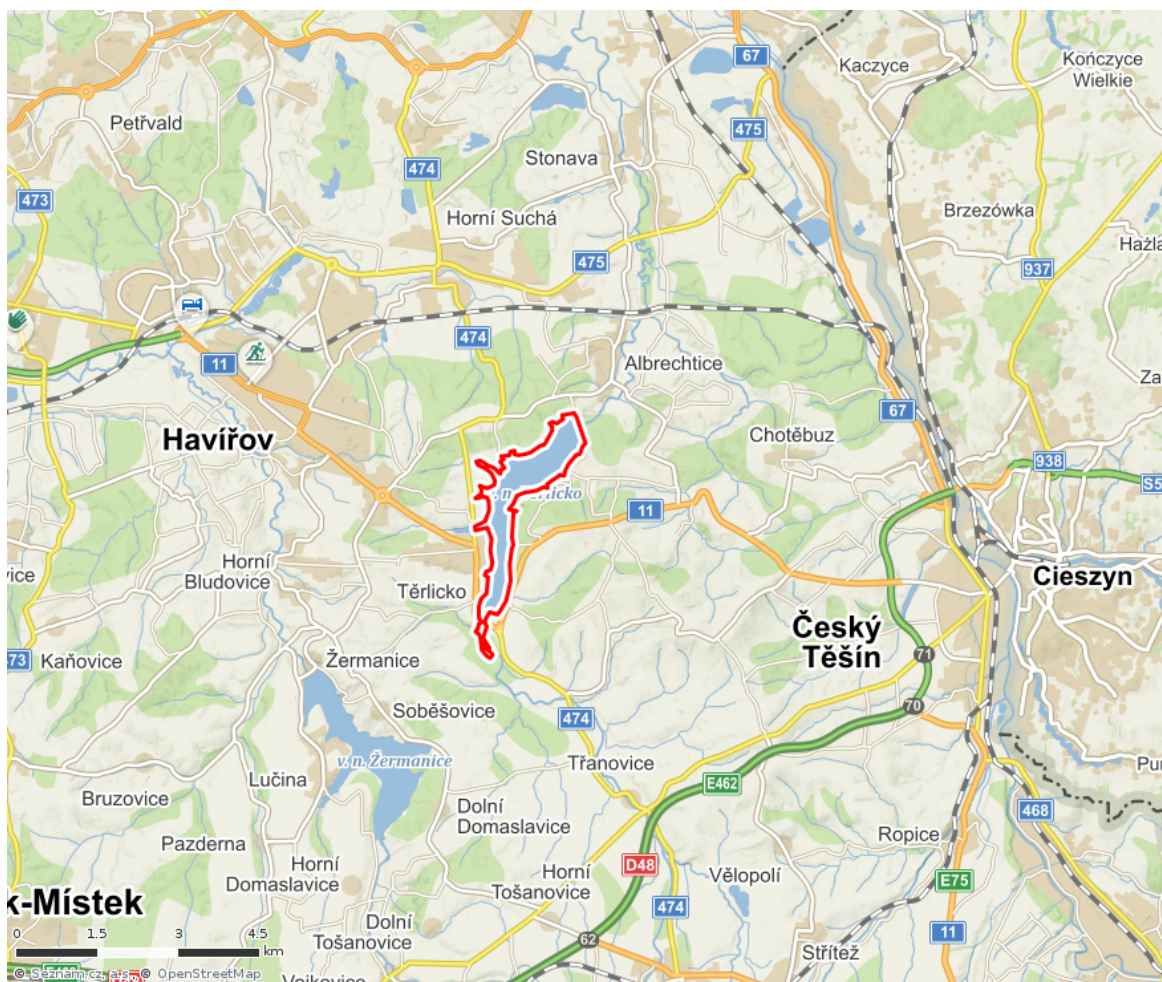
Obrázek 13: Přehradní hráz VN Těrlicko na řece Stonávce (stav v r. 2015), autor: Povodí Odry

Rozloha vodní plochy je 277 ha a největší hloubka je 23,4 m. Sypaná hráz je vysoká 30,4 m a je dlouhá 617 m. [15]

Okolí Těrlické vodní nádrže obklopuje členitá krajina a poskytuje turistické trasy s mírně zvlněným terénem a krásnými rozhledy do krajiny. Kolem přehrady vede hlavní cykloturistického trasa okruhu Euroregionu Těšínské Slezsko v délce 220 km. Pro závodní motorizmus je zde vybudován Těrlický okruh podél západních břehů. V blízkosti nádrže dále najdeme tři veřejné pláže, loděnice s půjčovnami loděk a ostatních sportovních potřeb pro naše vyžití. Největší atrakcí pro nadšené sportovce se stal vleč pro vodní lyžování, který je i jediným zařízením svého druhu na Moravě a ve Slezsku. Během celého roku je toto vodní dílo hojně využíváno k rybaření. [14]

Zemní přehradní hráz se šikmým sprašovým těsnícím jádrem má celkový objem 770 000 m³. Do stabilizační části hráze z místních štěrků a štěrkopísků byla částečně použita i vypálená haldovina. Podloží hráze náleží k vnějšímu pásmu karpatského flyše, pro něhož je typické střídání břidlic, jílovců a pískovců. Pod hrází je provedena jednořadá injekční clona. [15]

Morfologicky lze nádrž označit za nezastíněnou, s poměrně širokou prosvětlenou vodní plochou, vyšší teplotou vody a se zatížením přitékajícími nutriety (fosfor, dusík), proto voda podléhá v nádrži procesům eutrofizace charakteristické vznikem řas a sinic. [16]



Obrázek 14: Vodní nádrž Těrlicko – poloha, autor: www.mapy.cz



Obrázek 15: Vodní nádrž Těrlicko, autor: www.travelguide.cz

Základní technické údaje vodní nádrže Těrlicko:

Povodí nádrže	82,0 km ²
Délka hráze v koruně	617,0 m
Max. výška hráze	25,0 m
Celkový objem nádrže	27,4 mil. m ³
zásobní	22 mil. m ³
retenční	4,7 mil. m ³
stálý	0,7 mil. m ³
Délka záplavy	6,2 km
Šířka záplavy	530 m
Zatopená plocha	267,6 ha
Zaručený odtok	1,04 m ³ /s

Tabulka 5: Technické parametry VN Těrlicko, autor: Povodí Odry

4.2.2 Vyhodnocení eutrofizace VN Těrlicko za rok 2016

VN Těrlicko patří stejně jako ostatní nevodárenské nádrže, které tvoří vodohospodářskou soustavu povodí Odry, mezi tzv. „koupací vody“ a vývojem kvality vody v průběhu vegetačního období je podobná nádrži Žermanice. S ohledem na to, že se nádrž řadí do kategorie eutrofních, existuje i zde především v letních měsících zvýšené riziko masivnějšího výskytu fytoplanktonu. [36]

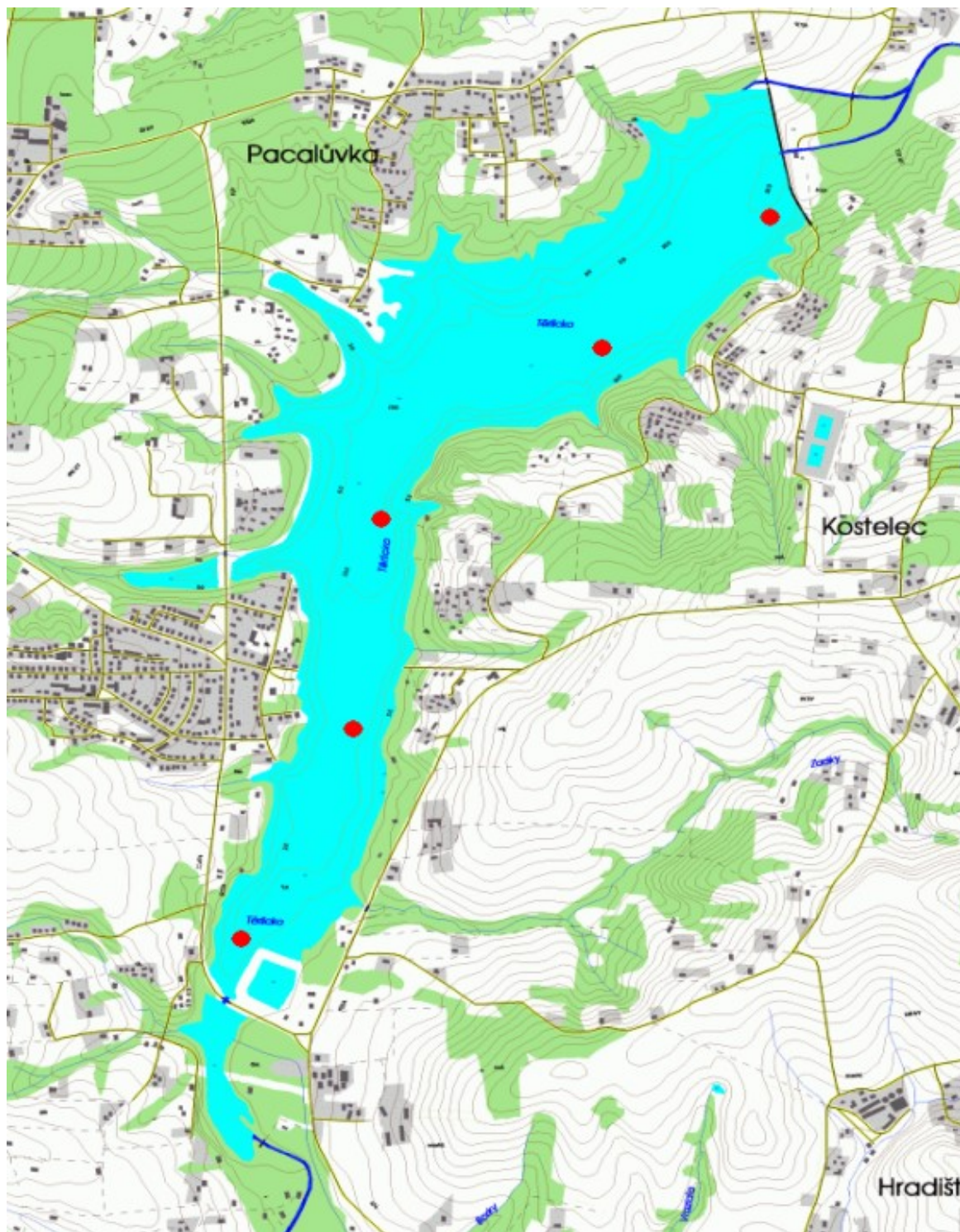
Rok 2016 byl na nádrži po všech stránkách průměrný. Celkový počet nalezených organismů ukazují, že vrchol výskytu rozsivek přišel až v květnu s tím, že v profilu u hráze je 5440 org/ml na hladině roční maximum. Zelená biomasa byla v tomto měsíci tvořená převážně rozsivkou *Cyclotella* *Dubius*. Později v průběhu sezóny zde byly pozorovány výkyvy, počty organismů kolísaly a jediné, co tak lze vyčíst je fakt, že rozsivky druhu *Cyclotella* byly postupně převálcovány *Fragilaria*. Rozsivky obecně ustoupily v druhé půlce sezóny a nahradily je zelené řasy *Phacotus Lenticularis*. Populace sinic byla i tentokrát zanedbatelná (*Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Microcystis*, *Woronichinia*), tím potvrdil trend posledních let, kdy je od roku 2014 z biologického hlediska situace v nádrži poměrně stabilní a k masivnějšímu výskytu sinicových buněk nedochází. Nejvyšší koncentrace chlorofylu-a byly, stejně jako v předešlém roce, naměřeny v srpnu (až 20 µg/l). [36]

Fyzikálně–chemické hodnocení kvality vody v nádrži, a tedy hodnoty průhlednosti vody se pohybovaly kolem 2 m s naměřeným maximem 3,6 m v měsíc dubnu před nástupem jarních rozsivek. Koeficient obměny vody v nádrži se vrátil k obvyklým hodnotám (max cca 20 %), což oproti sezóně 2015, kdy se vlivem značného sucha pohyboval jen do 3 %, je pozitivní. V průběhu léta pak nebývá kyslíkový režim v nádrži příliš příznivý. V průběhu letních měsíců zde většinou dochází k poměrně velkému vrstvení, kde pod skočnou vrstvou (termoklinou) prudce klesá koncentrace rozpuštěného kyslíku a tím se zvyšuje riziko anoxického (nedostatečně oxisličeného) stavu, při kterém může u dna docházet k mobilitě fosforu a dalších prvků (Mn, Fe). [36]

Nejvýznamnějším a jediným sledovaným přítokem vodní nádrže Těrlicko je vodní tok Stonávka, který je také hlavním přínosem anorganického a organického znečištění do této údolní nádrže. V profilu nad touto nádrží je kvalita vody v toku klasifikována III. jakostní třídou na základě charakteristických hodnot vybraných ukazatelů. Měsíční

koncentrace celkového fosforu na přítoku do nádrže se vesměs pohybují na úrovni 0,05 mg/l a jsou za poslední roky víceméně stabilní. [36]

VN Těrlicko - síť měrných profilů:



Obrázek 16: Síť měrných profilů na VN Těrlicko, měrný profil je značený červenou tečkou, autor: [36]

5 ZÁVĚR

Eutrofizace vodních objektů je v dnešní době vážný ekologický problém a je především důsledkem velkého rozvoje průmyslu a zemědělství v posledních desetiletích. Vysoká zátěž povrchových vod nutrieny, především fosforem, významně přispěla k eutrofizaci vod, a tak snížila jejich ekologickou a rekreační hodnotu. Důsledkem vysokého obsahu živin je vyšší rozvoj řas, nízká průhlednost vody, nízký obsah kyslíku, zápach, a to vše způsobuje vymírání ryb a jiné problémy.

Dnes už sice známe mnoho metod, jak bojovat s eutrofizací, ale efektivita a vysoké náklady jsou negativními faktory u těchto metod. Nejlepším řešením je předcházet tomuto samotnému jevu eutrofizace prevencí, což znamená snížit vstup živin, omezit vypouštění splašků s obsahem dusíku a fosforu, hnojit půdy vybranými typy hnojiv, které se nevyplaví do vody, orat ve svazích kolmo a vysazovat do vod správných druhů ryb.

Na území České Republiky je situace mnohem komplikovanější než v okolních zemích, což je dáno tím, že daná problematika vody a její kvality přísluší kompetenčně třem ministerstvům naráz – Ministerstvu Zemědělství, Ministerstvu Životního Prostředí a Ministerstvu Zdravotnictví. Komplexní přístup k problematice v ČR vyžaduje spolupráci odborníků ze všech zainteresovaných oborů (správy povodí, toxikologie, technologie vody, hygieny, limnologie a dalších).

5.1 Případné možnosti řešení problému eutrofizace

Eutrofizaci lze potlačit omezením přísunu živin do nádrže. To lze například přerušením vtoku melioračních a odpadních vod, přechodem na extenzivní způsob rybářství (tedy bez krmení a hnojení), změnami hospodaření v povodí nádrže nebo také odstraněním sedimentů ze dna. Pokud je v odpadních vodách vyšší množství dusíku a fosforu, tato voda se upravuje terciárním čištěním, což je metoda založena na eliminaci srážení solemi hliníku, vápníku a železa. Dusík a jeho sloučeniny jsou odstraňovány nitrifikací a denitrifikací. Dusík lze z vody odstranit taky pomocí chlorokokální řasy s krátkým vývojovým cyklem (*Chlorellai*), která má schopnost si dusík začlenit do své biomasy, kterou můžeme dále mechanickým způsobem odstranit. [25]

Metody odstraňování biomasy [25]:

1) **Biologicky** – do nádrže se vysadí býložravé ryby, nejčastěji byl testován tolstolobik bílý (*Hipophthalmichthys molitrix*), někdy i tolstolobec pestrý (*Aristichthys nobilis*). Ryby spásáním přebytečné biomasy nezatěžují biotop organickými látkami a jejich rozkladnými produkty.

2) **Mechanicky** – v menších nádržích lze použít vhodné technické zařízení, kterým je násoskový odběrák, pomocí kterého se vyplavuje část biomasy vodního květu z nádrže, dalším vhodným zařízením je sací bagr. U silně eutrofních vodních útvarů se ze dna nádrží těží sediment nebo se sediment oxiduje (fosfor se oxidací váže jako trojmocný iont) a neuvolňuje se do vody, odbourávají se organické látky a není způsobena anaerobióza, což je schopnost organismu žít bez kyslíku. Mechanické odstraňování biomasy je vhodné pouze v místech, kde dochází jen k dočasnému shromažďování biomasy vodního květu.

3) **Chemicky** – použitím algicidních preparátů (manganistan draselný, síran měďnatý, hlinitý, železitý, chlornan sodný, chlorid železitý aj.), koagulantů a flokulantů, což jsou chemické prostředky, které jsou netoxické. Nejeefektivnější jsou přípravky obsahující sloučeniny hliníku a železa, které mimo čistícího účinku vysrážejí i fosfor v nádrži. Tyto látky je nejvhodnější používat v období před nástupem rozvoje sinic, kdy malé buňky přijímají více látek ze svého prostředí a jsou tím zranitelnější. Efektivní je i aplikace cyanofágů (viry ničící sinice). Pokud chceme opravdu omezit výskyt vodního květu, je nutné studovat strategii jeho výskytu a podmínky jeho rozvoje. Vodní květ se tedy vyskytuje ve vodách s vyšší hodnotou pH a vyšší koncentrací vápníku. Optimální teplotou pro rozvoj je 25 – 35°C. Produkce sinic a řas v ekosystému je podporována obsahem dusíku, fosforu, uhlíku a jejich vzájemným poměrem. V nádrži, která má ve své horní vrstvě (epilimniu) nízký obsah anorganického fosforu, se snadněji množí řasy a sinice vodního květu. I kovy jako je měď, železo, mangan a molybden ovlivňují výskyt vodního květu. Měď a mangan jsou už v malých koncentracích pro sinice velmi toxické. Molybden a železo stimulují růst, způsobem takovým, že molybden zvyšuje fixaci uhlíku a železo podporuje fotosyntézu.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KRÁSA et al. Hodocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy. Certifikovaná metodika pro praxi. Praha: ČVUT, Praha. Fakulta stavební. 2013. 55 s. ISBN: 978-80-01-05428-4.
- [2] Eutrofizace vod, dostupné z WWW: [Https://www.vutbr.cz/](https://www.vutbr.cz/)
- [3] MARŠÁLEK, Blahoslav, et al. Znečištění povrchových vod živinami: příčiny, důsledky a možnosti řešení (eu)trofizace. Vyd. 1. Praha: (Česká vědeckotechnická hospodářská společnost), 11. června 2009. 120 s. ISBN 978-80-02-02154-4.
- [4] HLAVÍNEK, P., ŘÍHA, J.: Jakost vody v povodí. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, s. r. o., 2004, 209 s., ISBN 80-214-2815-5
- [5] GRUNVADOVÁ H, PUMANN P., ZBOŘIL A., Koupací vody v ČR podle směrnice 76/160/EHS, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., Dostupné z WWW: www.khsjih.cz
- [6] MARŠÁLEK BLAHOSLAV, MARŠÁLKOVÁ ELIŠKA, VINKLÁRKOVÁ DARINA, Cyanobakterie 2010, 16. - 17. června 2010, Brno, Česká republika, (Edit.), str. 176
- [7] LELLÁK J. a KUBÍČEK F., 1991: Hydrobiologie. Praha: Univerzita Karlova, 256 s. ISBN 80-7066-530-0
- [8] SLAVÍČEK, M. (2010): Fosfor v pracích prášcích a mycích prostředcích. Vodní hospodářství 1, Listy CzWa 1.2010: IV – VI
- [9] Legislativa dostupná z WWW: WWW.EAGRI.CZ
- [10] OPPLETALOVÁ P., 2015: Ochrana vodních zdrojů. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 103 s. ISBN: 978-80-7509-218-2.
- [11] Příroda.cz [online]. 2004 [cit. 2011-04-27]. Příroda, ekologie, život. Dostupné z WWW: www.priroda.cz
- [12] HARTMAN P. (a kol.), 2005. *Hydrobiologie*. 3. přepracované vydání. Praha: Informatorium, 359 s. ISBN 80-7333-046-6.
- [13] Algologie.upol.cz [online]. 2006 [cit. 2011-04-27]. Algological laboratory. Dostupné z WWW: <http://algologie.upol.cz/>

- [14] Článek dostupný z WWW: <https://terlicko.ceskehory.cz/>
- [15] BROSCH O., Těrlicko, Povodí Odry, Anagram 2005, str. 208-212, ISBN 80-7342-048-1, Dostupné také z WWW: www.pod.cz
- [16] BROŽA, V. a kolektiv. Přehrady Čech, Moravy a Slezska. 1. vyd. Liberec: KNIHY 555, 2005. 256 s. ISBN 80-86660-11-7.
- [17] Legislativa koupací plochy, Dostupné z WWW: www.khsjih.cz
- [18] KOLÁŘ JIŘÍ, RATAJOVÁ JANA, KOŽÍŠEK FRANTIŠEK, Vody ke koupání a jejich legislativa, HYGIENA, č. 3, 2008
- [19] SKALIČKA, M., ŠTRAJT, M.: Jakost vody v údolních nádržích za rok 2007. Ostrava: Povodí Odry, s.p., 2008, 126 s.]
- [20] ČR. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví, kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity venkovních hracích ploch In 464/2000 Sb. 2000, 132/2000 Sb.
- [21] Metodický návod pro sjednocení hodnocení jakosti vod využívaných ke koupání ve volné přírodě [online]. 2009 [cit. 2010-04-14]. Kategorizace. Dostupné z WWW: <<http://www.szu.cz/metod.pdf>>.
- [22] HORÁKOVÁ, M. a kolektiv. Analytika vody. Praha: Vysoká škola chemicko– technologická, 2000. 283 s. ISBN 80-7080-391-6
- [23] PITTER, P. Hydrochemie. 2. vyd. Praha: SBTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. 568 s. ISBN 80-03-00525-6.
- [24] ŽÁČEK, L. Hydrochemie. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 1998. 80 s. ISBN 80-214-1167-8.
- [25] AMBROŽOVÁ, J. Aplikovaná a technická hydrobiologie. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. 226 s. ISBN 80-7080-521-8.
- [26] SMITH, V.H., TILMAN, G.D., NEKOLA, J.C.: Eutrophication: Impact of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ekosystém, Enviromental pollution, 179 – 196 – 1999.
- [27] SCHINDLER, D. W.et al. Reducing Phosphorus to Curb Lake Eutrophication is a Success. Environmental Science 2016, 50(17), 8923-8926 DOI: 10.1021/acs.est.6b02204. ISSN 0013936X

- [28] Water Quality Indicators: Nutrients, dostupné z WWW: <http://www.ramp-alberta.org>
- [29] RULÍK M. (a kol.), 2014: Znečišťování kontinentálních vod, s. 47-121. In: ADÁMEK Z. (a kol.): Aplikovaná Hydrobiologie. 2. vydání. České Budějovice: Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 350 s.
- [30] RODHOVÁ S., Kvalita povrchových vod. Dostupné z WWW: web.natur.cuni.cz
- [31] DESORTOVÁ, B. 2002. Faktory ovlivňující časově-prostorové změny fytoplanktonu v toku Labe. Vodní hospodářství, 2002, r. 52, č. 9, s. 251-252.
- [32] RULÍK, M. 2007. Eutrofizace. [online]. Přírodovědecká fakulta. Palackého univerzita. Olomouc, 2007. [cit. 2008 - 06 - 10]. Dostupné z: Učební materiály k předmětu Aplikovaná hydrobiologie
- [33] CORRELL, D.L.: PHOSPHORUS: A LIMITING NUTRIENT IN SURFACE WATERS. POULT-SCI; VOL 78, ISS 5, 1999, P674-82.
- [34] KOČÍ V., BURKHARD J., MARŠÁLEK B.: Eutrofizace na přelomu tisíciletí, Eutrofizace 2000, 10.10.2000, Praha. Str. 3-13.
- [35] BACHMANN, R.W., HOYER, M.V., CANFIELD, D.E.: The restoration of Lake Apopka in relation to alternative stable, Hydrobiologica, 394: 219-232 1999
- [36] SKALIČKA M., ŠTRAJT M., ONDRUŠÁK Č., Jakost vody v údolních nádržích za rok 2016, Povodí Odry, Ostrava 2016
- [37] Monitoring of waters, Status and monitoring overview, European Enviromental Agency, Dostupné z WWW: <https://www.eea.europa.eu/>
- [38] HOEÁČEK Z., Článek: Vodní díla a jejich právní režim, 2017, Dostupné z WWW: www.epravo.cz
- [39] NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 401 ze dne 14. prosince 2015
- [40] Článek: How do we measure eutrophication, Dostupné z WWW: www.vliz.be
- [41] Článek: Přípravné práce 2004, Kap. 54, Povodí Odry, Dostupné z WWW: www.pod.cz

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1: HLADINA HRACHOLUSKÉ PŘEHRADY, AUTOR: WWW. GEOCACHING.COM	2
OBRÁZEK 2: FORMY FOSFORU: STRUKTURA ŘETĚZOVÁ (KATENAPOLYFOSFOREČNANY) NEBO CYKICKÁ (Kyselina CYKLOTRIPOLYFOSFOREČNÁ. [34])	5
OBRÁZEK 3: VODNÍ KVĚT NA JEZEŘE V BAVORSKU, AUTOR: FILMFOTO	8
OBRÁZEK 4: OTAVSKÉ RAMENO NÁDRŽE ORLÍK, ČERVEN 2004, AUTOR: WWW.STRANYPOTAPECSKE.CZ.....	9
OBRÁZEK 5: KOLONIÁLNÍ VLÁKNITÁ SINICE ANABAENA LEMMERMANNII, LIPNO, ČERVENEC 2004, AUTOR: WWW.STRANYPOTAPECSKE.CZ	10
OBRÁZEK 6: KOLONIÁLNÍ SINICE MICROCYSTIS AERUGINOSA PATŘÍCÍ MEZI NEJROZŠÍŘENĚJŠÍ A NEJNEBEZPEČNĚJŠÍ SINICE, BRNĚNSKÁ PŘEHRADA, ČERVENEC 2004, AUTOR: WWW.STRANYPOTAPECSKE.CZ	10
OBRÁZEK 7: ŘASA BOTRYOCOCCUS BRAUNII TVOŘÍCÍ VODNÍ KVĚT, AUTOR: RESOURCE.WUR.NL	11
OBRÁZEK 8: ROVNICE KONCENTRACE CELKOVÉHO FOSFORU U HRÁZE NÁDRŽE, AUTOR: [1]	14
OBRÁZEK 9: VRSTVY NÁDRŽE, AUTOR: WWW.PRIRODA.CZ	17
OBRÁZEK 10: PŘÍKLAD ZÁZNAMU ZATŘÍZENÍ KOU PACÍCH VOD, AUTOR: WWW.KOUPACIVODY.CZ	28
OBRÁZEK 11: KVĚT FYTOPLANKTONU V ARABSKÉM MOŘI (AUTOR: NASA/GODDARD SPACE FLIGH CENTER)	32
OBRÁZEK 12: ZJEDNODUŠENÉ GRAFICKÉ SCHÉMA STRUKTURY PROVÁDĚNÉHO MONITORINGU [36]	37
OBRÁZEK 13: PŘEHRADNÍ HRÁZ VN TĚRLICKO NA ŘECE STONÁVCE (STAV V R. 2015), AUTOR: POVODÍ ODRY	39
OBRÁZEK 14: VODNÍ NÁDRŽ TĚRLICKO – POLOHA, AUTOR: WWW.MAPY.CZ	40
OBRÁZEK 15: VODNÍ NÁDRŽ TĚRLICKO, AUTOR: WWW.TRAVELGUIDE.CZ	41
OBRÁZEK 16: SÍŤ MĚRNÝCH PROFILŮ NA VN TĚRLICKO, MĚRNÝ PROFIL JE ZNAČENÝ ČERVENOU TEČKOU, AUTOR: [36]	43

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1: HRANIČNÍ HODNOTY PRO KLASIFIKACI ÚŽIVNOSTI POVRCHOVÝCH VOD PODLE OECD (1992). * [32]	15
TABULKA 2: TROFICKÝ POTENCIÁL [30]	16
TABULKA 3: STUPEŇ TROFIE [30].....	16
TABULKA 4: HODNOTY A UKAZATELE PŘÍPUSTNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH VOD* [39]	19
TABULKA 5: TECHNICKÉ PARAMETRY VN TĚRLICKO, AUTOR: POVODÍ ODRY	41